



Tielaitos

Kiviaineksen välilajitteen raemuodon vaikutus päällysteen ominaisuuksiin

**Tielaitoksen
selvityksiä**

37/1999

Helsinki 2000

TIEHALLINTO
Tie- ja
liikennetekniikka

Tielaitoksen selvityksiä
37/1999

Kiviaineksen välilajitteen raemuodon vaikutus päällysteen ominaisuuksiin

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-568-9
TIEL 3200580

Oy Edita Ab
Helsinki 2000

Julkaisua myy
Tielaitos, painotuotepalvelut
Telefax 0204 44 2652
www.tielaitos.fi/kirjasto/tilaus.htm



Tielaitos
TIEHALLINTO
Tie- ja liikennetekniikka
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 44 150

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kahdella eri kiviaineksella välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutusta AB 16-päällysteen ominaisuuksiin. Tutkimukseen valittiin kaksi erityyppistä kalliomursketta, jotka olivat Talman graniitti ja Rappukallion gabro. Talman kivellä suhteitettiin kolme päällystemassaa, joissa kiviaineksen välilajitteen 2 – 8 mm raemuodot olivat ns. normaali, hyvä ja huono sekä kaksi päällystemassaa, joissa välilajitteen 0,4 – 2 mm raemuodot olivat ns. normaali ja hyvä. Rappukallion kivellä kolmen tutkittavan päällystemassan muuttujana oli vain kiviaineksen 2 – 8 mm raemuoto.

Rappukallion kivellä välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutus sideainepitoisuuteen oli selkeä, sillä optimisideainepitoisuus kasvoi 0,3 %-yksikköä siirryttäessä sekä hyvämuotoisesta kiviaineksesta normaalimuotoiseen että normaalimuotoisesta kiviaineksesta huonomuotoiseen. Talman kivellä raemuodon vaikutus näkyi vain huonomuotoista kiviainesta sisältävällä massalla, jonka sideainetarve oli 0,1 – 0,2 %-yksikköä suurempi kuin muilla massoilla.

Päällysteen vedenkestävyyttä kuvaavat, vesi- ja ilmasäilytteisten poranäytteiden halkaisuvetolujuuksien suhteeseen perustuvat tarttuvuusluvut olivat kaikilla tutkituilla päällystemassoilla hyviä. Talman kiveä sisältävillä massoilla kiviaineksen välilajitteen raemuodolla ei havaittu olevan vaikutusta päällysteen vedenkestävyyteen. Sen sijaan Rappukallion kivellä huonon raemuodon omaavalla massalla vesisäilytteisten näytteiden lujuus oli muita massoja alhaisempi ja täten tarttuvuusluku heikkeni suhteessa parempimuotoisiin kiviainesmassoihin nähden.

Päällysteen kylmänkestävyyttä kuvaavat halkaisuvetolujuudet ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) ovat lukuarvoltaan yllättävän suuria indikoiden massojen heikohkoa kylmänkestävyyttä. Kiviaineksen välilajitteen raemuodolla ei havaittu olevan vaikutusta päällysteen vedenkestävyyteen eikä kylmänkestävyyteen.

Rappukallion kiveä sisältävillä päällysteillä välilajitteen 2 – 8 mm raemuoto vaikutti sideainepitoisuuden ja tyhjätilan kautta selvästi jaksollisella virumiskokeella määritettyyn deformaatioherkkyyteen. Raemuodon parantuessa ja sideainetarpeen vähentyessä deformaatioherkkyys väheni. Talman kivellä tämä vaikutus oli vähemmän selvä. Päällysteen kulumiskestävyyteen (SRK-koe) välilajitteen raemuodolla ei ollut vaikutusta.

Key words Mineral aggregates, particle shape, flakiness index, asphalt

ABSTRACT

The aim of the study was to examine the effect of the particle shape of a 2 – 8 mm fraction on the properties of asphalt concrete AB 16 using two kinds of mineral aggregate. Two crushed rock aggregates, Talma granite and Rappukallio gabbro, were selected for the study. Using Talma granite, three asphalt concrete mixtures were designed with a 2 – 8 mm fraction that had a normal, good or poor particle shape. After this two mixtures with an 0.4 – 2 mm fraction were designed – one with a normal and one with a good particle shape. The three test mixtures designed using Rappukallio gabbro all used the 2 – 8 mm fraction – one with a poor, one with a normal and one with a good particle shape.

In the mixtures that contained Rappukallio gabbro, the particle shape of the 2 – 8 mm fraction had a clear impact on the binder content, as the optimal binder content was 0.3 percentage units higher when the particle shape was normal than when it was good. The difference in the optimal binder content was the same between the fraction with a normal particle shape and the fraction with a poor one. In the mixtures that contained Talma granite, the impact of the particle shape was only visible in the mixture that contained the fraction with the poor particle shape. The optimal binder content of this mixture was 0.1 – 0.2 percentage units higher than that of the mixtures with better particle shapes.

The adhesion ratios of all the examined mixtures were good. The adhesion ratio is used to describe the water resistance of the asphalt concrete, and is based on the ratio of the tensile strengths of drilled samples stored in air and those stored in water. The particle shape of the fraction was not found to have an impact on the water resistance of the asphalt concrete in the mixtures containing Talma granite. In the mixtures containing Rappukallio gabbro, however, the water-stored samples drilled from the mixture with a poor particle shape were of lower strength than the other mixtures. The adhesion ratio of this mixture was also lower than that of the other asphalt concrete mixtures.

The numerical values of the tensile strengths, which illustrate an asphalt concrete's cold resistance ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$), were surprisingly great, indicating that the mixtures have a poor resistance to cold cracking. The particle shape of the fraction was found to have no effect on the water or cold resistance of the pavement.

In the mixtures that contained Rappukallio gabbro, the particle shape of the 2 – 8 mm fraction had a clear effect – through the impact it had on the binder and voids contents – on the asphalt concretes' sensitivity to deformation as determined by the cyclic creep test. With mixtures with better particle shapes and a lower optimal binder content, the asphalt concretes' sensitivity to deformation was also lower. This effect was less pronounced in the mixtures that contained Talma granite. The particle shapes of the fractions had no effect on the the pavements' wear resistance (SRK test).

ALKUSANAT

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kahdella eri kiviaineksella välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutusta AB 16-päällysteen ominaisuuksiin. Lisäksi tutkimuksessa pyrittiin selvittämään yhdellä kiviaineksella välilajitteen 0,4 – 2 mm raemuodon vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin.

Tutkimuksen tilaajana oli Tielaitoksen tie- ja liikennetekniikka. Tutkimusta valvoivat tielaitoksen edustajina diplomi-insinööri *Kari Lehtonen* ja tieinsinööri *Mats Reihe*. Tutkimuksen vastuuhenkilönä on ollut erikoistutkija *Risto Alkio* Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Yhdyskuntatekniikan tutkimusyksiköstä. Raportin ovat laatineet erikoistutkija *Risto Alkio* ja tutkija *Jarmo Vuorinen* VTT:sta.

Helsingissä tammikuussa 2000

Tielaitos
Tie- ja liikennetekniikka

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	TUTKITTAVAT MATERIAALIT	10
3	LABORATORIOKOKKEET	12
3.1	Kiviainesten rakeisuus	12
3.2	Kiviainesten raemuoto	12
3.3	Päällysteen sideainepitoisuus	12
3.4	Päällysteen vedenkestävyys	12
3.5	Päällysteen kylmänkestävyys	12
3.6	Päällysteen deformaatioherkkyys	12
3.7	Päällysteen kulumiskestävyys	12
4	TULOKSET	13
4.1	Kiviainesten raemuoto	13
4.2	Päällysteen ominaisuudet	14
5	TULOSTEN TARKASTELU	17
5.1	Kiviainesten raemuoto	17
5.2	Päällysteen sideainetarve	20
5.3	Päällysteen vedenkestävyys	27
5.4	Päällysteen kylmänkestävyys	28
5.5	Päällysteen deformaatioherkkyys	30
5.6	Päällysteen kulutuskestävyys	32
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
7	KIRJALLISUUS	35

1 JOHDANTO

Kiviaineksen vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin on selvitelty mm. ASTO –projektissa ja lukuisissa yksittäisissä selvityksissä, mutta niissä on lähinnä keskitytty karkean kiviaineksen vaikutuksen selvittämiseen. Suurin vaikutus karkealla kiviaineksella on kiven lujuusominaisuuksien kautta päällysteen kulutuskestävyyteen, minkä lisäksi karkean kiviaineksen raemuoto vaikuttaa myös päällysteen työstettävyyteen sekä deformaatiokestävyyteen.

Myös hienoaineksen vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin on selvitelty erilaisin täytejauhetutkimuksin lähinnä työstettävyyden ja pitkäaikaiskestävyyden kannalta. Sen sijaan ns. välilajitteen laadun vaikutusta ei ole käsitelty tutkimuksissa juuri lainkaan. ASTO-projektissa selvitettiin /1/ Jämsän koetien avulla väli- (3 – 8 mm) ja alalajitteen (0 – 3 mm) vaikutusta AB 20-päällysteen kulumiskestävyyteen ja deformaatioherkkyyteen.

Kiviaineksen karkean lajitteen raemuodolla on useissa tutkimuksissa todettu olevan selvä vaikutus päällysteen sideainetarpeeseen ja kulumiskestävyyteen. Tämä on todettu mm. minikoetietutkimuksin Vt 1:llä /2/ ja täysimittaisilta koeteiltä saaduista tuloksista /3/. Sen sijaan ns. välilajitteen raemuodon vaikutus päällysteen ominaisuuksiin on jäänyt epäselväksi. Nykyisin päällystekiviaineksen välilajitteelle ei ole alle 4 mm aineksen osalta Suomessa asetettu minkäänlaisia muotoarvovaatimuksia päinvastoin kuin eräissä Keski-Euroopan maissa. Välilajitteen raemuotoa parantamalla murskausteknisin keinoin on pystytty vähentämään oleellisesti päällysteen sideainetarvetta sekä parantamaan päällysteen ominaisuuksia.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kahdella eri kiviaineksella välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutusta AB 16-päällysteen ominaisuuksiin. Lisäksi yhdellä kiviaineksella pyrittiin selvittämään välilajitteen 0,4 – 2 mm vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin. Tutkittavat ominaisuudet olivat päällysteen sideainetarve, pitkäaikaisvedenkestävyys, kylmänkestävyys, deformaatioherkkyys ja kulumiskestävyys.

Vaikka Asfalttinormit ja Tielaitoksen asiakirjat eivät nykyään tunne termiä välilajite, tätä termiä on käytetty tässä tutkimuksessa kuvaamaan rakeisuudeltaan 0,4 – 8 mm ainesta.

2 TUTKITTAVAT MATERIAALIT

Tutkimukseen valittiin kaksi erityyppistä kalliomursketta, jotka olivat Talman graniitti ja Rappukallion gabro. Murskeet, jotka ovat normaalin 3-vaihemurskauksen tuotteita, toimitti Lohja Rudus Oy. Tutkittavat välilajitteet olivat 0,4 - 2 mm ja 2 - 8 mm. Kiviaines 0,4 - 8 mm koostuu murskauksen sekä kolmannen että toisen vaiheen jälkeen syntyneistä aineksista. Hienoaines 0 - 0,4 mm ja karkein kiviaines 8 - 16 mm pysyivät tutkimuksessa kivikohtaisesti vakiona.

Tutkittavat massat olivat seuraavat:

	<u>0,4 - 2 mm</u>	<u>2 - 8 mm</u>
1)	normaali	normaali
2)	normaali	hyvä
3)	normaali	huono
4)	hyvä	normaali
5)	hyvä	hyvä

Normaali = normaalimurskauksessa syntyvä kiviaines

Hyvä = muotoarvoltaan välppäämällä parannettu kiviaines

Huono = muotoarvoltaan välppäämällä huononnettu kiviaines

Talman kivellä tutkimukseen otettiin kaikki vaihtoehdot 1 - 5 ja Rappukallion kivellä tutkittiin vain vaihtoehdot 1 - 3 eli lajitteen 2 - 8 mm raemuodon vaikutus. Tutkittavia massoja oli siis yhteensä 8.

Lohja Rudus Oy toimitti tutkimukseen Talman kiviaineksen lajitteet 0/0,5, 0,5/1, 0,5/1 hyvä, 1/2, 1/2 hyvä, 2/5, 2/5 hyvä, 5/8, 5/8 hyvä (= 3/5,6 hyvä), 5/8 huono (= 3/5,6 huono), 8/10, 8/10 hyvä (= 5,6/8 hyvä), 8/10 huono (= 5,6/8 huono) ja 10/16. Rappukallion kivellä lajitteet olivat 0/5, 5/8, 5/8 hyvä (= 3/5,6 hyvä), 5/8 huono (= 3/5,6 huono), 8/10, 8/10 hyvä (= 5,6/8 hyvä), 8/10 huono (= 5,6/8 huono) ja 10/16.

Laboratoriokokeisiin suhteitettiin liitteessä 1 esitetyt eri massojen rakeisuudet. Liitteessä 2 on esitetty myös eri lajitteiden rakeisuudet. Talman kiviaineksiä sisältävät massat suhteitettiin taulukossa 1 esitetyistä lajitteista ja Rappukallion kiviainekset taulukossa 2 esitetyistä lajitteista. Lajitteen 5/8 mm merkintä HU+N tarkoittaa sitä, että normaalimuotoista lajitetta 5/8 mm on laitettu 50 paino-% ja huonomuotoista lajitetta 5/8 mm (= 3/5,6 mm) samoin 50 paino-%. Tällainen sekoitus on tehty, jotta kyseisen lajitteen litteysluku ei muodostuisi epärealistisen suureksi.

Taulukoissa 1 ja 2 käytetyt lajitemerkinnät on saatu nimellisseulojen mukaan. Todellisuudessa lajitteiden rakeisuudet ovat näitä merkintöjä jonkin verran hienorakeisempia, koska todellinen katkaisu on noin 0,8 x nimellisseula. Välpätyistä 5/8 ja 8/10 mm lajitteista on usein käytetty merkintää 3/5,6 ja 5,6/8 mm.

Taulukko 1. Talman kiviaineksia sisältävien massojen kiviaineslajitteet (mm).

Massa	0,4/2	2/8	0/0,5	0,5/1	1/2	2/5	5/8**	8/10*	10/16
1	Norm.	Norm.	N	N	N	N	N	N	N
2	Norm.	Hyvä	N	N	N	N	HY	HY	N
3	Norm.	Huono	N	N	N	N	HU+N	HU+N	N
4	Hyvä	Norm.	N	HY	HY	HY	N	N	N
5	Hyvä	Hyvä	N	HY	HY	HY	HY	HY	N

* = Hyvä- ja huonomuotoisilla kiviaineksilla 5,6/8 mm

** = Hyvä- ja huonomuotoisilla kiviaineksilla 3/5,6 mm

Taulukko 2. Rappukallion kiviaineksia sisältävien massojen kiviaineslajitteet (mm).

Massa	0,4/2	2/8	0/5	5/8**	8/10*	10/16
1	Norm.	Norm.	N	N	N	N
2	Norm.	Hyvä	N	HY	HY	N
3	Norm.	Huono	N	HU+N	HU+N	N

* = Hyvä- ja huonomuotoisilla kiviaineksilla 5,6/8 mm

** = Hyvä- ja huonomuotoisilla kiviaineksilla 3/5,6 mm

3 LABORATORIOKOKKEET

3.1 Kiviainesten rakeisuus

Kaikista kappaleessa 2 mainituista 22 kiviaineksesta on määritetty rakeisuus kuivaseulonnalla. Määrittäykset on tehnyt Lohja Rudus Oy.

3.2 Kiviainesten raemuoto

Tutkimukseen valituista kiviaineksista määritettiin raemuoto eli litteysluvut välppäämällä menetelmän SFS-EN 933-3 mukaisesti (yli 4 mm aines). Alle 4 mm aineksesta litteysluvut on määritetty lajitteista 0,4 – 0,5, 0,8 – 1, 1,6 – 2 ja 3,15 – 4 mm. Litteyslukumääritykset on tehnyt Lohja Rudus Oy. Lajitteiden 0,5 – 0,8, 1 – 1,6 ja 2 – 3,15 mm litteysluvut on saatu laskennallisesti interpoloimalla viereisten lajitteiden litteysluvuista. Sekä Talman että Rappukallion kiviainesten 5/8, 3/5,6 hyvä ja 3/5,6 huono lajitteen 2 – 3,15 mm litteysluku on oletettu samaksi kuin lajitteen 3,15 – 4 mm litteysluku.

3.3 Päällysteen sideainepitoisuus

Suhteitettujen AB 16-massojen rakeisuudet esitetään liitteessä 1. Massat suhteitettiin esitettyihin ohjekäyriin. Täytejauheena käytettiin kalkkikivijauhetta. Massoille (sideaineena bitumi B 80) määritettiin ICT-kokeella (PANK 4115) optimisideainepitoisuudet. Näytteistä määritettiin massan tiheys (PANK-4108), päällysteen tiheys (PANK-4110), tyhjätila, kiviaineksen tyhjätila ja täyttöaste (PANK-4114). Päällysteen suhteitus on kuvattu PANK-menetelmässä 4006.

3.4 Päällysteen vedenkestävyys

Massoista valmistettiin keinujyrällä päällystelaatat, joista porattiin koekappaleet. Näytteitä säilytettiin 4 kuukautta siten, että osa näytteistä (6 kpl / massa) oli normaalissa ilmasäilytyksessä ja osa veteen upotettuna (6 kpl / massa). Säilytyksen jälkeen näytteistä määritettiin puristuslujuudet halkaisuvetolujuuskokeella (PANK 4202). Päällysteen vedenkestävyyttä kuvaa vedessä ja ilmassa säilytettyjen näytteiden halkaisuvetolujuuksien suhde eli tarttuvuusluku. Vedenkestävyyskoe on tehty 4 kuukauden säilytystä lukuun ottamatta menetelmän PANK 4301 mukaisesti.

3.5 Päällysteen kylmänkestävyys

Kylmäkestävyys tutkittiin vedenkestävyyskokeiden tavoin laatoista poratuista näytteistä (4 kpl / massa) määrittämällä niiden halkaisuvetolujuusarvot -2 °C lämpötilassa (PANK 4302).

3.6 Päällysteen deformaatioherkkyys

Deformaatioherkkyys tutkittiin laatoista poratuista näytteistä (4 kpl / massa) määrittämällä niiden muodonmuutokset jaksollisessa virumiskokeessa (PANK 4208).

3.7 Päällysteen kulumiskestävyys

Kulumiskestävyys tutkittiin laatoista poratuista näytteistä (4 kpl / massa) SRK-laitteella (PANK 4209).

4 TULOKSET

4.1 Kiviainesten raemuoto

Taulukossa 3 esitetään Talman kiviaineksista ja taulukossa 4 Rappukallion kiviaineksista määritetyt litteysluvut. Sekä Talman että Rappukallion kiviainesten 5/8, 3/5,6 hyvä ja 3/5,6 huono lajitteen 2 – 3,15 mm litteysluku on oletettu samaksi kuin lajitteen 3,15 – 4 mm litteysluku.

Taulukko 3. Talman kiviainesten litteysluvut (* = interpoloitu ja alleviivaus = oletusarvo).

LAJITE Mm		0/ 0,5	0,5/ 1	1 /2	2 /5	5 /8	8 /10	10 /16	0,5 /1 hy	1 /2 hy	2 /5 hy	3/ 5,6 hy	3/ 5,6 hu	5,6 /8 hy	5,6 /8 hu
A	Y														
0,4	0,5		29						21						
0,5	0,8		30*	29*					24*						
0,8	1		31	29					27	26					
1	1,6			29*	28*					27*					
1,6	2			29	28					28	14				
2	3,15				33*	33,1					22*	4,2	64,1		18,8
3,15	4				37	33,1					30	4,2	64,1		18,8
4	5					24,4	19,9	0				6,9	95,9	0,7	18,3
5	6,3					29,9	24,9	11,1				25,9	96,6	0,1	45,9
6,3	8					29,5	28,3	13,6				29,9	100	2,3	94,7
8	10						43,7	16,1						27,0	100
10	12,5						100	20,0						100	100
12,5	16							19,4						100	
16	20							4,8							

Taulukko 4. Rappukallion kiviainesten litteysluvut (* = interpoloitu ja alleviivaus = oletusarvo).

LAJITE mm		0/5	5/8	8/10	10/16	3/5,6	3/5,6	5,6/8	5,6/8
A	Y					hy	hu	hy	hu
0,4	0,5	14							
0,5	0,8	17*							
0,8	1	20							
1	1,6	21*							
1,6	2	22							
2	3,15	28*	29,6			0,9	54,5		15,7
3,15	4	33	29,6			0,9	54,5		15,7
4	5		23,1	15,9	11,1	2,7	96,1	0,2	19,2
5	6,3		24,7	21,6	9,8	20,3	98,1	0,1	46,7
6,3	8		16,1	19,3	10,7	11,7	44,4	1,9	95,8
8	10		0	14,9	14,8			15,6	100
10	12,5			100	11,1			100	100
12,5	16				10,2				
16	20				16,9				

4.2 Päällysteen ominaisuudet

Eri kiviaineksista suhteitettiin liitteen 1 mukaisilla rakeisuuksilla AB 16-päällystemassat. Massojen optimisideainepitoisuuksiksi saatiin taulukossa 5 esitetyt sideainepitoisuudet. Taulukossa 5 on lisäksi esitetty ICT-kokeessa saadut tilavuussuhteet (TT = tyhjätila, KAT = kiviaineksen tyhjätila ja TA = täyttöaste) optimisideainepitoisuutta (OPT. SA) lähinnä olevilla sideainepitoisuuksilla (SA). Tilavuussuhteet ovat yleensä kolmen eri näytteen keskiarvoja. ICT-kokeen leikkausvoimakäyrät esitetään rinnakkaisnäytteiden keskiarvoina liitteessä 3 ja tilavuussuhteet kokonaisuudessaan liitteessä 4.

Päällystelaatoista poratuista näytteistä tehtyjen kokeiden (kaikki halkaisuvelolujuuskokeet sekä Creep- ja SRK-kokeet) tulokset esitetään kokonaisuudessaan taulukossa 6. Lisäksi taulukossa 7 esitetään eri kokeissa käytettyjen poranäytteiden tyhjätilat. Talman normaalimuotoisesta kiviaineksesta (massa 1) tehtiin ylimääräinen päällystelaatta optimisideainepitoisuutta (4,9 %) suuremmalla sideainepitoisuudella (5,1 %), koska kahdesta aikaisemmasta laatasta määritetyt tyhjätilat olivat melko suuria. Ylimääräisestä laatasta poratuista näytteistä on määritetty deformaatioherkkyys ja kylmänkestävyys.

Taulukko 5. Päällystemassojen optimisideainepitoisuudet ja ICT-kokeessa niitä lähinnä olevilla sideainepitoisuuksilla saadut tilavuussuhteet.

KIVI	NRO	RAEMUOTO		ICT-KOE				OPT. SA %
		0,4 – 2 mm	2 – 8 mm	TT %	KAT %	TA %	SA %	
TALMA	1	Norm.	Norm.	1,9	14	86	4,9	4,9
TALMA	2	Norm.	Hyvä	2,7	14	81	4,9	5,1
				1,8	14	87	5,2	
TALMA	3	Norm.	Huono	1,9	14	87	5,2	5,2
TALMA	4	Hyvä	Norm.	2,4	14	83	4,9	5,0
				1,6	14	88	5,2	
TALMA	5	Hyvä	Hyvä	2,3	14	84	4,9	5,1
				1,9	14	87	5,2	
RAPP.	1	Norm.	Norm.	2,4	15	85	4,9	5,0
				1,9	16	88	5,2	
RAPP.	2	Norm.	Hyvä	2,2	15	85	4,6	4,7
				1,7	15	88	4,9	
RAPP.	3	Norm.	Huono	2,5	16	84	5,2	5,3
				1,6	16	90	5,5	

Taulukko 6. Talman kiveä sisältävien päällystemassojen HVL-, Creep- ja SRK-kokeiden tulokset (suluissa keskihajonta). E.S. = Creep-kokeen elastinen jäykkyys (+ 40 °C). Talma 1-massan osalta esitetty myös uusintalaatan (u) tulokset.

TESTI	TALMA 1 NORM.	TALMA 2 NO/HYVÄ	TALMA 3 NO/HUONO	TALMA 4 HYVÄ/NO	TALMA 5 HYVÄ
BIT. %	4,9 / 5,1 u	5,1	5,2	5,0	5,1
HVL/ilma kN/m ²	2100 (110)	2214 (81)	2151 (100)	2249 (83)	2152 (164)
HVL/vesi kN/m ²	2017 (101)	1990 (165)	1901 (202)	2001 (106)	1995 (85)
R %	96	90	88	89	93
HVL/-2°C kN/m ²	3,5 (0,5) / 4,1 (0,5) u	4,6 (0,3)	4,3 (0,4)	4,1 (0,5)	4,4 (0,2)
CREEP %	2,0 (0,3) / 2,9 (0,3)	2,3 (0,3)	2,8 (0,2)	2,2 (0,1)	2,8 (0,4)
E.S. MPa	172 / 156	161	169	171	155
SRK cm ³	41 (1,9)	36 (0,5)	38 (1,3)	38 (1,8)	37 (3,4)

Taulukko 7. Rappukallion kiveä sisältävien päällystemassojen HVL-, Creep- ja SRK-kokeiden tulokset (suluissa keskihajonta). E.S. = Creep-kokeen elastinen jäykkyys (+ 40 °C).

TESTI	RAPPUKALLIO 1 NORMAALI	RAPPUKALLIO 2 HYVÄ	RAPPUKALLIO 3 HUONO
BIT. %	5,0	4,7	5,3
HVL/ilma kN/m ²	1967 (172)	1878 (106)	1914 (179)
HVL/vesi kN/m ²	2058 (183)	1955 (156)	1778 (75)
R %	105	104	93
HVL/-2°C MPa	4,0 (0,2)	3,6 (0,9)	3,8 (0,4)
CREEP %	2,9 (0,1)*	2,1 (0,0)	4,0 (0,1)*
E.S. MPa	186	209	171
SRK cm ³	46 (0,7)	45 (1,2)	45 (0,1)*

* = yksi rinnakkaisnäytteiden tuloksista hylätty poikkeavana arvona

Taulukoissa 6 ja 7 esitetyt vedenkestävyyskokeen (4 kk) ilmasäilytysten näytteiden halkaisuvetolujuudet vaihtelivat Talman kiven eri AB-massoilla välillä 2100 – 2249 kN/m² ja Rappukallion kiven massoilla välillä 1878 – 1967 kN/m². Vesisäilytyksessä olleiden poranäytteiden lujuudet olivat vastaavasti Talman kiviaineksilla 1901 – 2017 kN/m² ja Rappukallion kiviaineksilla 1778 – 2058 kN/m². Tulokset ovat pääosin kuuden rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Kahdella massalla yhden vesisäilytteen näytteen HVL-tulokset hylättiin joko näytteen virheellisyyden (Talma 4) tai muista rinnakkaistuloksista selvästi poikkeavan tuloksen (Talma 5) vuoksi.

Vesi- ja ilmasäilytteisten näytteiden halkaisuvetolujuuksien suhteena laskettu tarttuvuusluku oli Talman kiviaineksia sisältävillä massoilla 88 – 96 % ja Rappukallion kiviainesta sisältävillä massoilla 93 – 105 %.

Päällysteen kylmänkestävyyttä kuvaavat -2°C :ssa tehdyt halkaisuvetolujuudet esitetään taulukoissa 6 ja 7. Lujuusarvot vaihtelivat Talman kiviaineksella välillä 3,5 – 4,6 MPa ja Rappukallion kiviaineksilla välillä 3,6 – 4,0 MPa.

Päällysteen deformaatioherkkyyttä kuvaavat, jaksollisella virumiskokeella saadut Creep-arvot olivat Talman kiviaineksia sisältävillä päällystemassoilla 2,0 – 2,9 % ja Rappukallion kiviaineksia sisältävillä massoilla 2,1 – 4,0 %. Kulutuskestävyyttä kuvaavat SRK-arvot olivat vastaavasti Talman kivellä 36 – 41 cm^3 ja Rappukallion kivellä 45 – 46 cm^3 (taulukot 6 ja 7).

Taulukossa 8 on esitetty eri kokeissa käytettyjen poranäytteiden tyhjätilat. Näytteiden valinnassa eri kokeisiin pyrittiin mahdollisuuksien mukaan noudattamaan käytäntöä, että vedenkestävyyskokeen ilma- ja vesisäilytteisten näytteiden tyhjätilat olisivat lukuarvoltaan samankaltaisia. Taulukossa on lisäksi esitetty päällystelaattojen, joita tehtiin 2 kpl/massa, keskimääräiset tyhjätilat.

Taulukko 8. Päällystelaattojen (2 kpl/massa) sekä HVL-, Creep- ja SRK-kokeissa käytettyjen poranäytteiden tyhjätilat.

MASSA / SIDEAINEPIT.	TYHJÄTILA % (VAIHTELUVÄLI JA KESKIARVO)					
	LAATTA 1 & 2 KA	HVL / ILMA	HVL / VESI	HVL / - 2 $^{\circ}\text{C}$	CREEP	SRK
TALMA1 / 4,9%	1,3	1,0 – 1,6	1,0 – 1,8	3,3 – 3,6	2,1 – 2,6	2,7 – 3,1
NORMAALI	2,9	ka = 1,3	1,3	3,4	2,4	2,9
TALMA2 / 5,1%	1,5	1,3 – 2,0	1,2 – 2,1	1,1 – 1,8	0,9 – 1,9	0,9 – 1,9
NORM/HYVÄ	1,7	ka = 1,7	1,7	1,6	1,5	1,5
TALMA3 / 5,2%	1,2	1,2 – 2,1	1,3 – 2,7	1,6 – 1,7	0,8 – 1,7	0,7 – 1,7
NORM/HUONO	1,8	ka = 1,7	1,8	1,6	1,2	1,1
TALMA4 / 5,0%	1,7	0,8 – 2,0	1,3 – 1,9	2,5 – 4,1	2,1 – 2,7	2,5 – 3,1
HYVÄ/NORM	3,0	ka = 1,7	1,7	3,5	2,5	2,8
TALMA5 / 5,1%	1,1	1,1 – 2,2	1,0 – 1,7	0,8 – 1,4	0,9 – 1,6	0,9 – 1,4
HYVÄ/HYVÄ	1,5	ka = 1,5	1,3	1,0	1,2	1,2
TALMA1 / 5,1%	1,0	-	-	0,8 – 1,6	0,5 – 1,2	-
UUSINTA				1,3	0,8	
RAPP.1 / 5,0%	1,6	1,2 – 2,3	0,9 – 2,3	1,6 – 2,4	1,7 – 1,9	1,5 – 2,2
NORMAALI	1,8	ka = 1,7	1,6	1,9	1,8*	1,8
RAPP.2 / 4,7%	1,9	1,5 – 2,2	1,5 – 2,3	3,4 – 4,4	1,8 – 2,3	2,5 – 2,9
HYVÄ	2,6	ka = 1,8	1,9	3,9	2,1	2,6
RAPP.3 / 5,3%	1,4	0,9 – 2,0	0,9 – 2,1	1,1 – 1,9	1,2 – 1,8	1,2 – 1,9
HUONO	1,5	ka = 1,4	1,4	1,5	1,5*	1,6*

* = sisältää hylätyn poranäytteen tyhjätilan

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Kiviainesten raemuoto

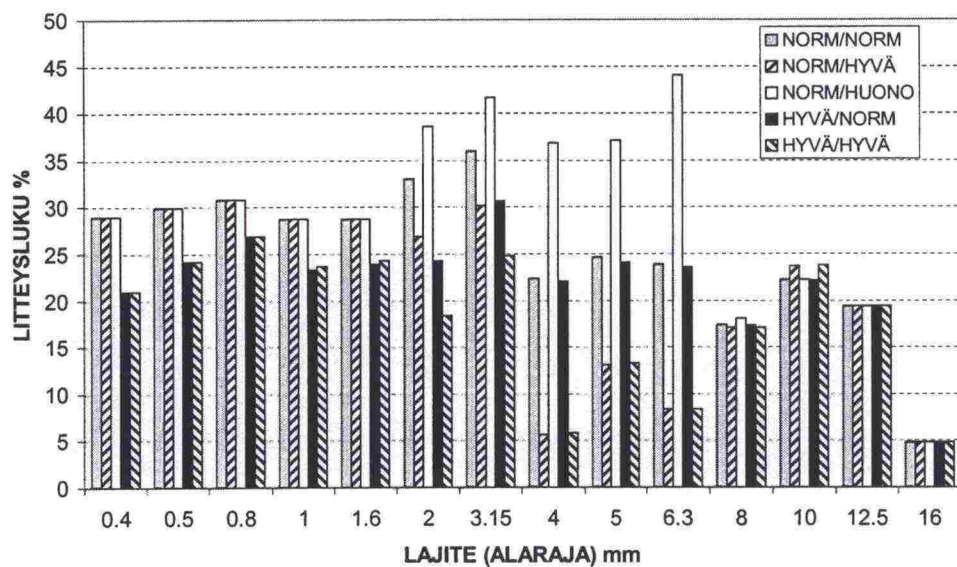
Kappaleen 4.1 taulukoista 3 ja 4 ei käy ilmi eri kiviainesten raekokojakau-
mat, joten litteysluvusta voi saada kokonaisuutta ajatellen väärän kuvan.
Esimerkiksi taulukoissa esiintyvät eräiden lajitteiden 100 % litteysluvut ovat
koko kiviaineksen huomioiden vaikutukseltaan marginaalisia, koska kyseistä
lajitetta on koko kiviaineksen määrästä vain hyvin vähäinen osa.

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty jokaisen massan kiviainesten litteysluvut kaikille
lajitteille 0,4 mm:stä ylöspäin ottaen huomioon liitteessä 2 esitetyt kiviaines-
ten rakeisuudet. Kuvan 2 litteyslukujen perusteella Rappukallion massoilla
tutkittavana välilajitteena on 2 – 8 mm, joskin päällysteen ominaisuuksiin
vaikuttavana lajitteena on pääosin 4 – 8 mm. Välilajitteen 2 – 8 mm ainek-
sen osuus koko kiviaineksesta on noin 30 %.

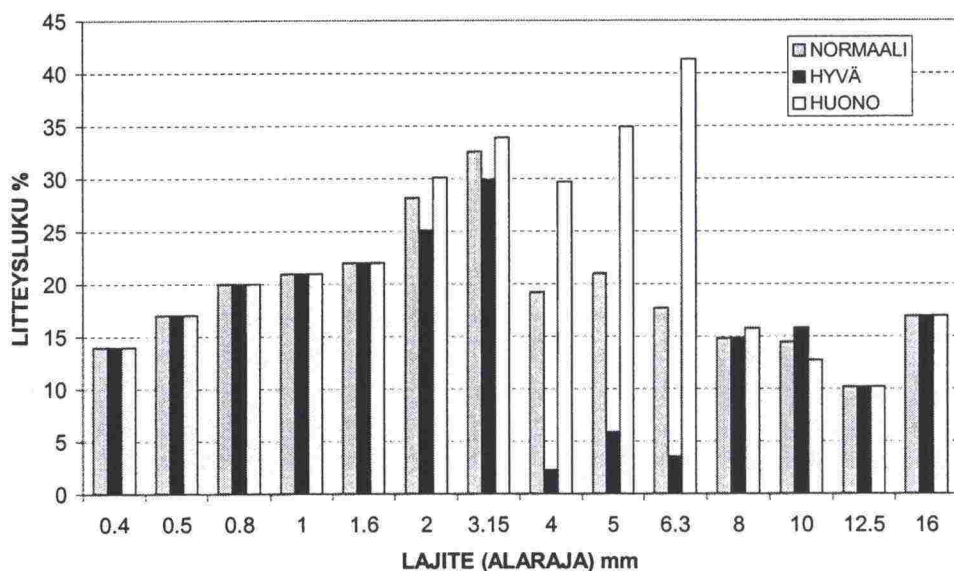
Talman massoilla 1 – 3 tutkittavana välilajitteena on 2 – 8 mm pääpainon ol-
lessa Rappukallion kiviainesten tavoin lajitteessa 4 – 8 mm. Edellä mainittu-
jen kiviainesten lisäksi välilajitteen 2 – 8 mm vaikutusta päällysteen ominai-
suuksiin voidaan tarkastella vertaamalla keskenään Talman kiven päällyste-
massoja 4 ja 5, joissa alle 2 mm aineksen raemuoto on jonkin verran Tal-
man massojen 1 – 3 kiviaineksia parempi (kuva 1).

Sen sijaan välilajitteen 0,4 – 2 mm vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin ei
saada tässä tutkimuksessa yksiselitteisesti esille, koska kyseisen lajitteen
raemuodon muuttuessa myös välilajitteen 2 – 8 mm raemuoto muuttuu, jos-
kin vähemmässä määrin. Täten Talman kiven massojen 1 ja 4 sekä toisaal-
ta massojen 2 ja 5 ominaisuuksia keskenään vertaamalla saadaan esiin ki-
viaineksen raemuodon vaikutus, joka johtuu pääosin lajitteesta 0,4 – 2 mm.

Kyseisten massojen kiviainesten raemuotoja tarkasteltaessa havaitaan, että
litteysluvun ero massoilla 1 ja 4 sekä massoilla 2 ja 5 on välilajitteella 0,4 –
2 mm noin 5 %-yksikköä ja lajitteella 2 – 8 mm noin 2 – 2,5 %-yksikköä. Tal-
man kiviainesten lajitteen 0,4 – 0,5 mm litteysluku on määritetty 0,5 – 1 mm
aineksesta, vaikka suurin osa kyseisestä lajitteesta onkin peräisin 0 – 0,5
mm aineksesta, josta ei tehty litteyslukumäärittäyksiä.

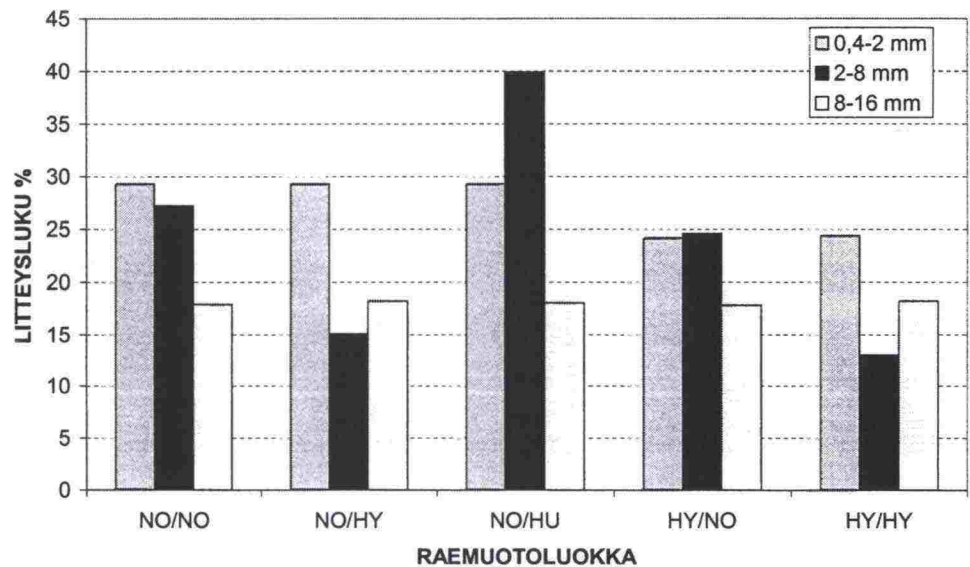


Kuva 1. Tutkittavien Talman kiven päällystemassojen kiviainesten litteysluvut.

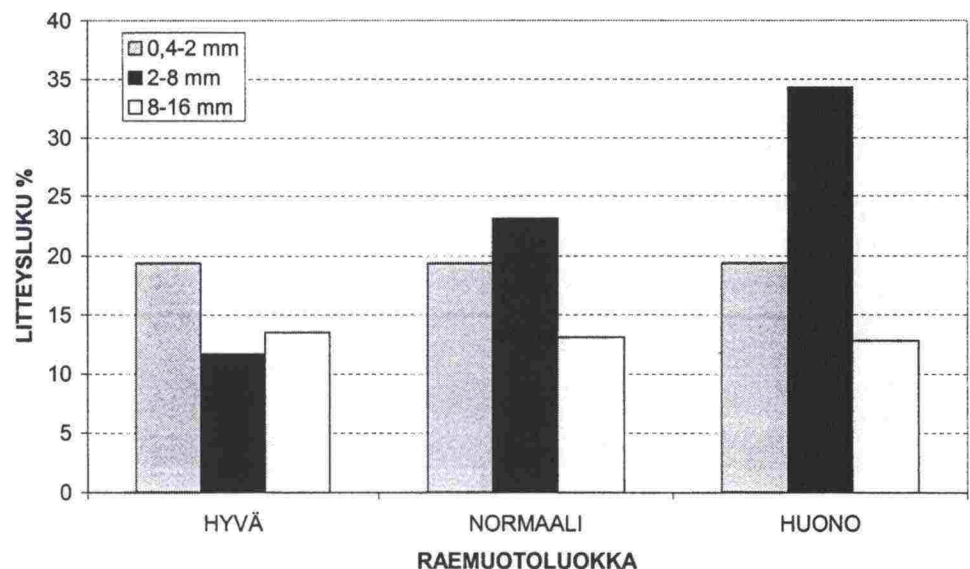


Kuva 2. Tutkittavien Rappukallion kiven päällystemassojen kiviainesten litteysluvut.

Litteysluvut raekoolle 0,4 – 2, 2 – 8 ja 8 – 20 mm esitetään kuvissa 3 ja 4. Tutkimuksen kiviaineksen nimellismaksimiraekoko on 16 mm, mutta koska päällystemassat sisältävät vähäisessä määrin myös 16 – 20 mm ainesta, litteysluvut on määritetty myös lajitteesta 16 – 20 mm.



Kuva 3. Tutkittavien Talman kiven päällystemassojen kiviainesten 0,4 – 2, 2 – 8 ja 8 – 16 mm litteysluvut.



Kuva 4. Tutkittavien Rappukallion kiven päällystemassojen kiviainesten 0,4 – 2, 2 – 8 ja 8 – 16 mm litteysluvut Talman.

Talman kivellä karkeimman, raekooltaan yli 8 mm kiviaineksen raemuoto pysyy tutkimuksessa vakiona, koska 8 – 20 mm aineksen litteysluku on eri päällystemassoilla 17,8 – 18,2 % eli käytännössä aivan sama (kuva 3). Massoilla 1 – 3, joilla oli tarkoitus selvittää välilajitteen 2 – 8 mm vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin, myös alle 2 mm aineksen raemuoto pysyi vakiona. Kiviaineksen 0,4 – 2 mm litteysluku oli näillä kaikilla kolmella 29,3 %.

Sen sijaan tutkittavan 2 – 8 mm kiviaineksen raemuodolle saatiin selvät erot, koska litteysluvut vaihtelivat hyvämuotoisen kiviaineksen 15,1 %:sta normaalimuotoisen 27,2 %:iin ja edelleen huonomuotoisen kiviaineksen 39,9 %:iin.

Talman massoilla 4 ja 5 kiviaineksen 0,4 – 2 mm litteysluku oli 24,3 – 24,4 % eli noin 5 %-yksikköä pienempi kuin Talman kiviaineksilla 1 – 3. Näille kahdelle massalle saatiin selvä ero välilajitteen 2 – 8 mm raemuotoon, sillä litteysluvut olivat 24,6 % ja 13,0 % (kuva 3).

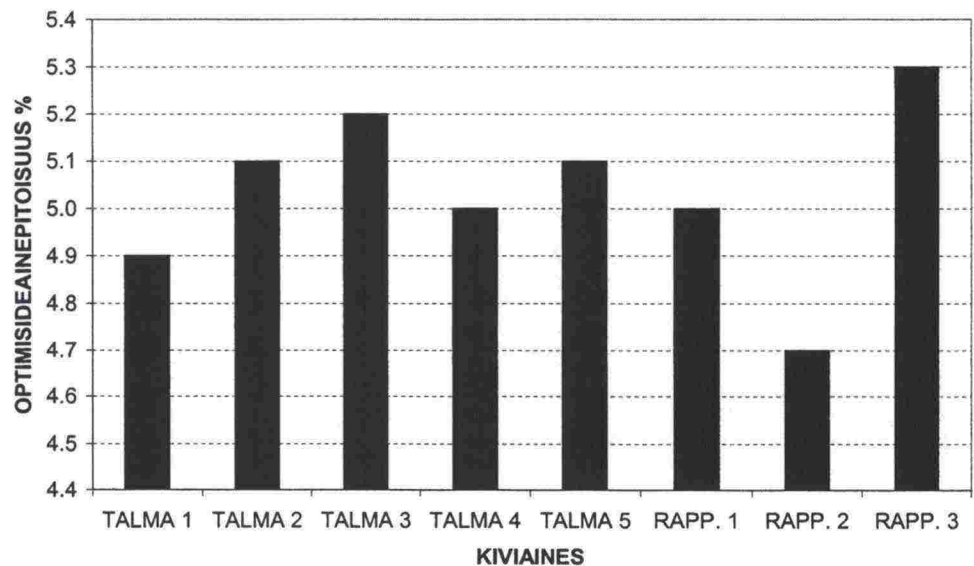
Rappukallion kivellä oli tarkoitus selvittää vain karkeamman välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin. Kuvassa 4 esitettyjen litteyslukujen perusteella tähän tavoitteeseen myös päästiin, koska kaikkien kolmen eri massan karkeimman kiviaineksen 8 – 16 mm litteysluvut olivat samaa luokkaa eli 12,8 – 13,5 %. Myös 0,4 – 2 mm aineksen raemuoto oli kaikilla massoilla sama eli 19,4 %. Välilajitteen 2 – 8 mm litteysarvoille saatiin sen sijaan selvät erot, sillä nämä olivat 11,7, 23,1 ja 34,3 %.

Talman ja Rappukallion kiviainesten päällystemassojen raemuotoja keskenään vertailtaessa voidaan todeta, että Talman kiviaines oli sekä 8 – 16 mm että erityisesti 0,4 – 2 mm aineksen osalta huonompimuotoista kuin Rappukallion kiviaines.

5.2 Päällysteen sideainetarve

Kuvassa 5 esitetään eri massoilla saadut optimisideainepitoisuudet. Talman kivellä sideainepitoisuudet vaihtelivat massoittain välillä 4,9 – 5,2 % ja Rappukallion kivellä välillä 4,7 – 5,3 %. Rappukallion kivellä välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutus sideainepitoisuuteen oli selkeä, sillä optimisideainepitoisuus kasvoi 0,3 %-yksikköä siirryttäessä sekä hyvämuotoisesta kiviaineksesta normaalimuotoiseen että normaalimuotoisesta kiviaineksesta huonomuotoiseen.

Taulukon 7 laattakohtaisten tyhjätilojen perusteella valitut sideainepitoisuudet olivat massoille sopivia, joskin Rappukallion massan 2 (hyvämuotoinen) bitumimäärää olisi voinut massojen keskinäisen vertailtavuuden parantamiseksi lisätä vielä 0,1 %-yksiköllä. Laattakohtaisina keskiarvoina tarkasteltaessa saadut tyhjätilat täyttivät Asfalttinormien AB-päällysteen ohjeellisen arvon 1 – 3 %.

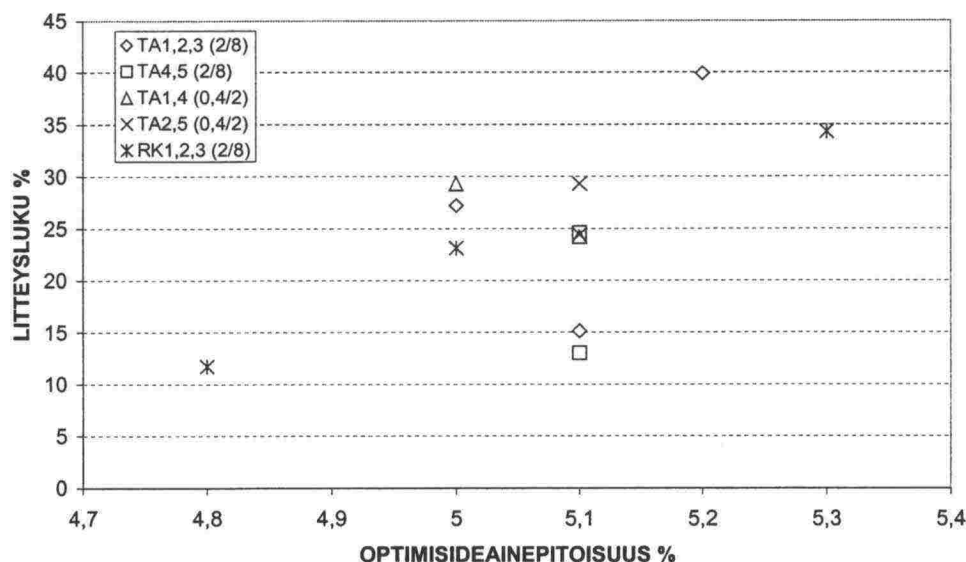


Kuva 5. Päällystemassojen optimisideainepitoisuudet.

Sen sijaan Talman kivellä raemuodon vaikutus sideainepitoisuuteen oli epäselvempi, koska sekä massoja 1 – 3 keskenään että massoja 4 ja 5 keskenään vertaamalla voitiin todeta normaalimuotoista 2 – 8 mm kiviainesta sisältäneen päällystemassan tarvinnan vähiten sideainetta. Taulukon 7 laattakohtaisia sideainepitoisuuksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että mikäli suurimmat tyhjätilat omaavat massat 1 ja 4 suhteitettaisiin 0,1 %-yksikköä korkeammilla sideainepitoisuuksilla, kaikkien normaali- ja hyvämuotoisten massojen sideainepitoisuudet olisivat 5,0 – 5,1 %. Rappukallion kiven tavoin suurin sideainetarve oli huonomuotoista kiviainesta sisältävällä massalla, mutta ero muihin massoihin oli vain 0,1 – 0,2 %-yksikköä.

Kuvassa 6 esitetään välilajitteiden 0,4 – 2 mm ja 2 – 8 mm raemuodon vaikutus päällystemassojen sideainepitoisuuteen. Sideainepitoisuudet ovat kolmea massaa (Talma 1 ja 4 sekä Rappukallio 2) lukuun ottamatta aiemmin mainittuja optimisideainepitoisuuksia. Mainituilla kolmella massalla sideainepitoisuutta on lisätty 0,1 %-yksiköllä, jotta kaikki tutkittavat päällystemassat olisivat tyhjätilojen suhteen keskenään vertailukelpoisia.

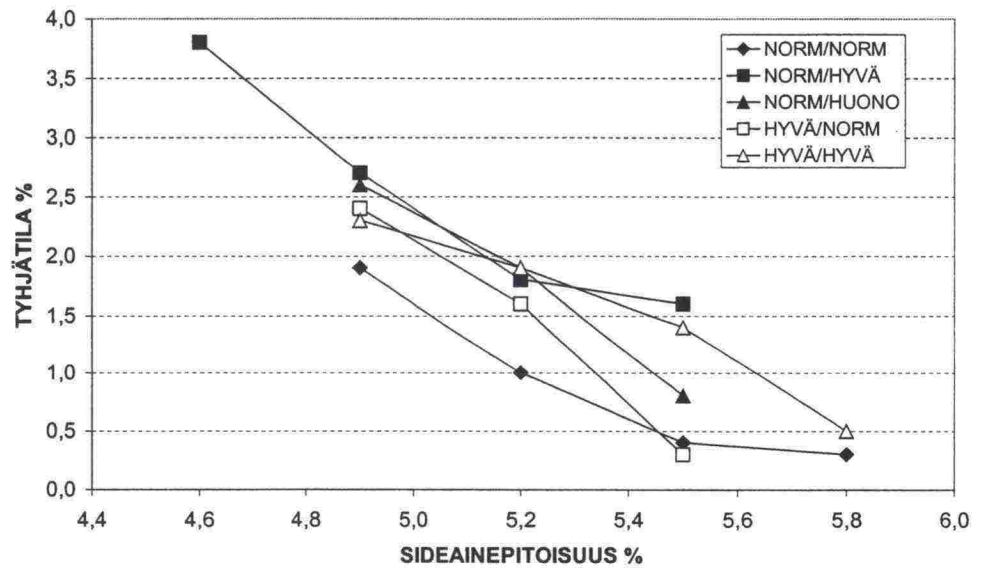
Kuvaan 6 on otettu mukaan ne massat, joiden tuloksia voidaan verrata keskenään edellä mainittujen välilajitteiden vaikutuksen suhteen. Esimerkiksi Talman kivellä välilajitteen 2 – 8 mm vaikutusta sideainetarpeeseen voidaan selvittää vertaamalla keskenään ensiksikin massoja 1, 2 ja 3 ja toisaalta keskenään massoja 4 ja 5. Hienorakeisemman välilajitteen 0,4 – 2 mm vaikutusta, jota voidaan yrittää selvittää vertaamalla keskenään erikseen massoja 1 ja 4 sekä massoja 2 ja 5, ei saada täysin yksiselitteisesti näkyviin, koska samalla myös karkearakeisemman välilajitteen 2 – 8 mm raemuoto muuttuu vähäisessä määrin.



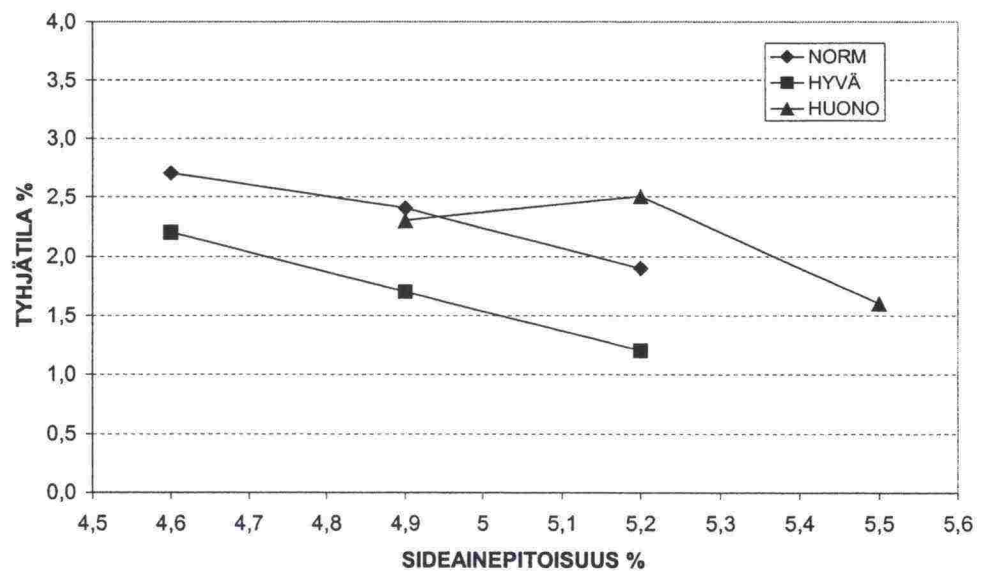
Kuva 6. Välilajitteiden 0,4 – 2 mm ja 2 – 8 mm raemuodon vaikutus päällystemassojen sideainepitoisuuteen (korjatut optimisideainepitoisuudet) Talman (TA) ja Rappukallion (RK) päällystemassoilla (esim. TA1,2,3 (2/8) tarkoittaa Talman massojen 1, 2 ja 3 välilajitteen 2 – 8 mm litteyslukuja).

Kuvasta 6 havaitaan selvästi, että vain Rappukallion kivellä välilajitteen 2 – 8 mm raemuoto vaikuttaa päällystemassan sideainetarpeeseen siten, että mitä huonompi raemuoto on sitä enemmän sideainetta päällyste vaatii. Jo 10 %-yksikön lisäys mainitun lajitteen litteysluvussa lisää sideainetarvetta noin 0,2 – 0,3 %-yksikköä. Sen sijaan Talman kivellä alhaisin sideainetarve saatiin normaalimuotoisella kiviaineksella ja muutenkin eri massojen sideainetarpeiden erot olivat hyvin vähäisiä. Tässäkin tapauksessa tosin huonomuotoista kiviainesta sisältänyt massa vaati eniten sideainetta. Välilajitteen 0,4 – 2 mm raemuodolla ei todettu olevan vaikutusta päällysteen sideainemäärään.

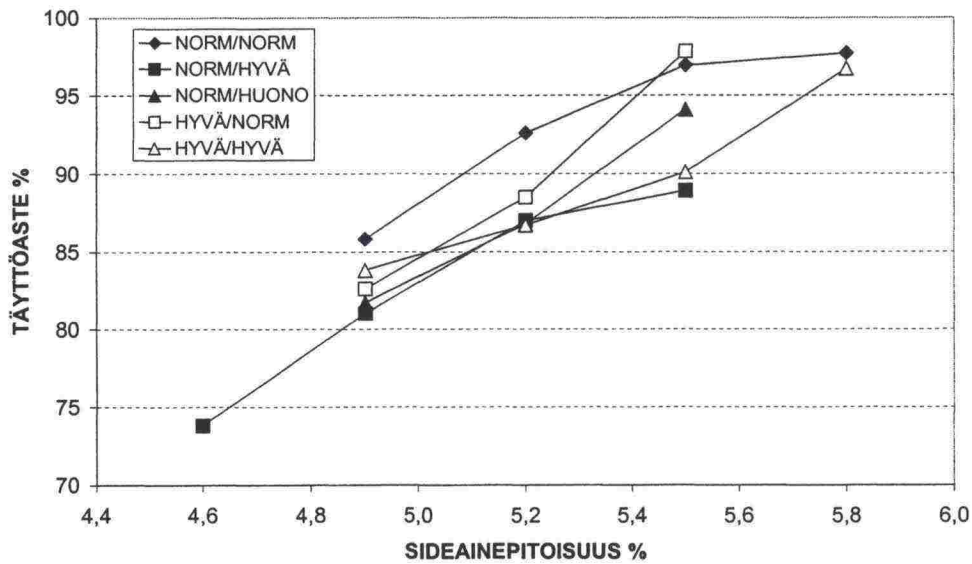
Tarkasteltaessa (kuvat 7 - 10) tutkittujen AB 16-massojen tyhjätiloja ja täyttöasteita sideainepitoisuuden funktiona havaitaan, ettei massoissa ole juurikaan eroja. Vain Rappukallion huonomuotoisen kiviaineksen omaavalla massalla ICT-kokeen tulos oli poikkeava, koska 5,2 % sideainepitoisuudella saatiin 4,9 % sideainepitoisuuteen verrattuna suurempia tyhjätiloja ja alhaisempia täyttöasteita. Tämä saattaa johtua massan huonosta tiivistettävyydestä tai kiviainesten lajittumisesta.



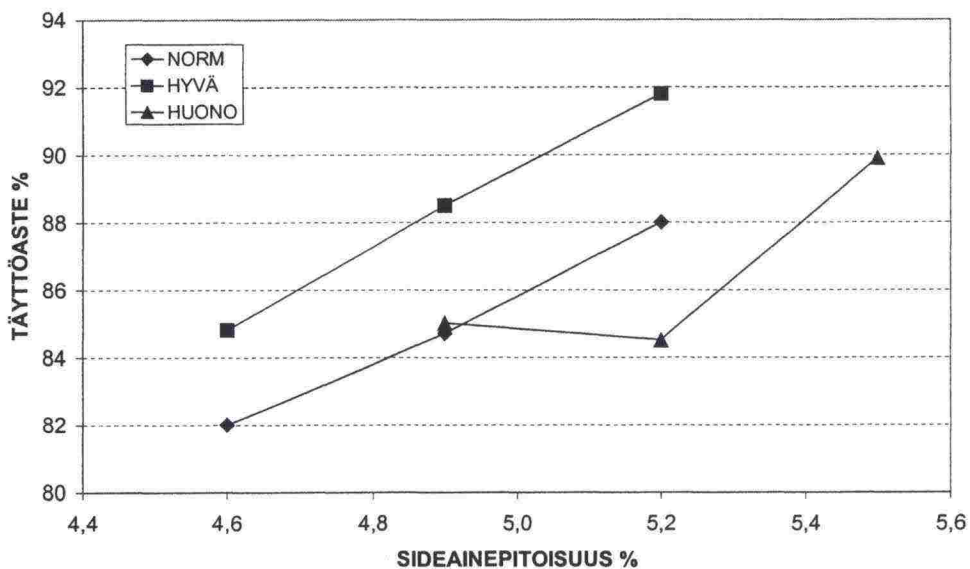
Kuva 7. Tutkittujen AB 16-massojen tyhjätilat (keskiarvoina) sideainepitoisuuden funktiona Talman kiviaineksilla.



Kuva 8. Tutkittujen AB 16-massojen tyhjätilat (keskiarvoina) sideainepitoisuuden funktiona Rappukallion kiviaineksilla.



Kuva 9. Tutkittujen AB 16-massojen täyttöasteet (keskiarvoina) sideainepitoisuuden funktiona Talman kiviaineksilla.

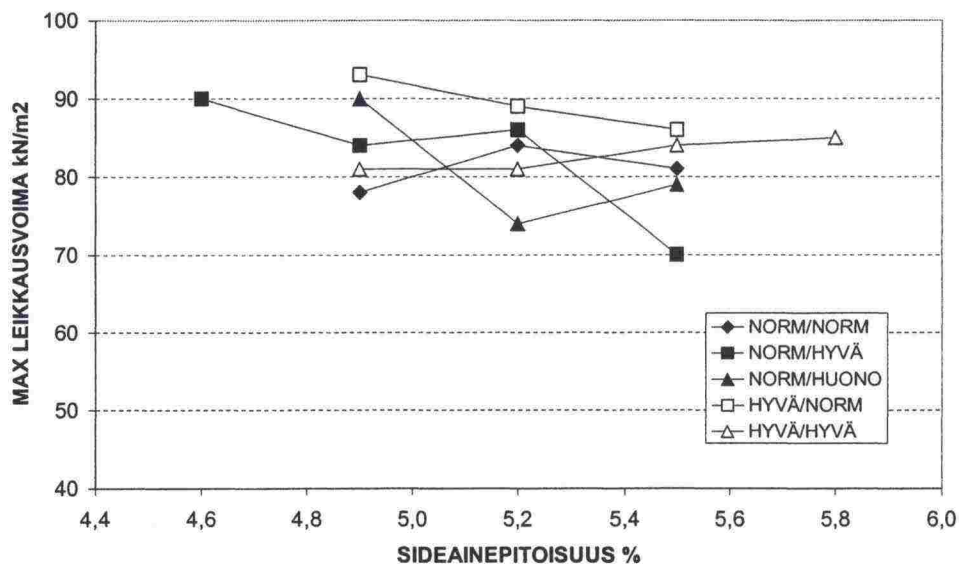


Kuva 10. Tutkittujen AB 16-massojen täyttöasteet (keskiarvoina) sideainepitoisuuden funktiona Rappukallion kiviaineksilla.

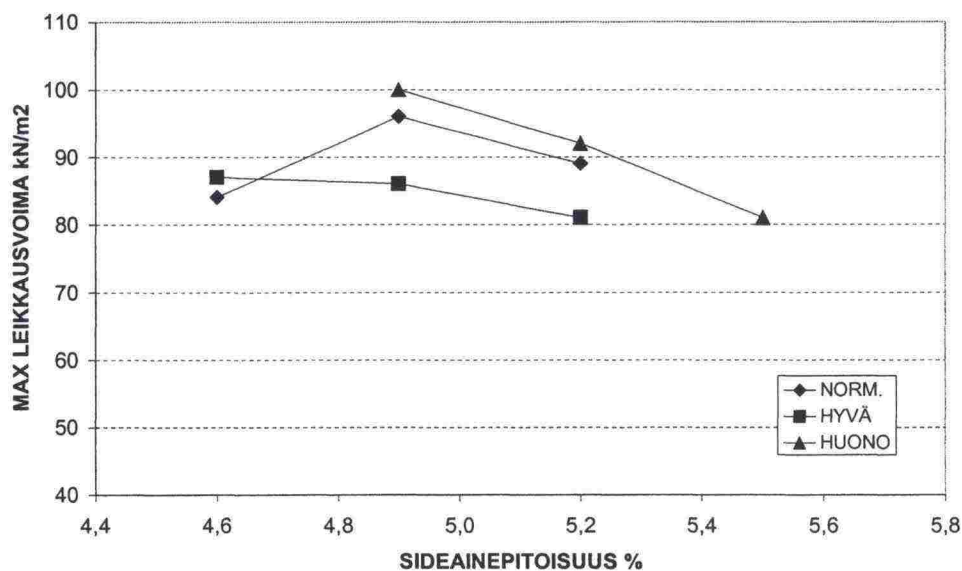
Liitteessä 3 esitettiin kunkin massan ICT-kokeen leikkausvoimakäyrät eri sideainepitoisuuksilla. 102 kierroksen jälkeisten leikkausvoima-arvojen perusteella Rappukallion kivellä näkyy selvästi kiviaineksen välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutus massan tiivistettävyyteen. Huonomuotoista kiviainesta sisältävällä massalla saadaan muita massoja suurempia leikkausvoimia, mikä indikoi massan huonoa tiivistettävyyttä. Huonomman tiivistettävyyden vuoksi massa vaatii myös enemmän sideainetta. Vastaavasti Rappukallion hyvämuotoista kiviainesta sisältävä massa on helpommin tiivistettävää kuin normaalimuotoista kiviainesta sisältävä massa. Talman kivellä tämankaltaisia johtopäätöksiä ei sen sijaan voi tehdä.

Kuvissa 11 ja 12 esitetään ICT-kokeen maksimileikkausvoimien keskiarvot sideainepitoisuuden funktiona. Koekappaleen tiivistämistä on siis tehty 102 kierrokseen asti. Rappukallion kivellä kaikki tutkitut massat ovat käyttäytyneet ICT-kokeessa normaalisti eli sideainepitoisuuden lisääntyessä leikkausvoimat ovat pienentyneet. Normaalimuotoisen massan alhaisimmalla sideainepitoisuudella 4,6 % saatu alhainen leikkausvoima-arvo selittyy sillä, että näin alhaisella bitumimäärällä bitumi ei enää jäykistä massaa.

Kuvien 11 ja 12 käyrien tietynlainen epäjohdonmukaisuus johtuu todennäköisesti siitä, että ICT-ajot on tehty normaalikäytännön mukaan 102 kierrokseen asti. Eräillä päällystemassoilla näytteen tiivistämistä olisi ollut hyödyllistä jatkaa 102 kierroksen jälkeen, koska maksimileikkausvoimaa ei saavutettu vielä 102 kierroksen kohdalla. Tämä näkyy liitteen 3 leikkausvoimakäyrissä siten, että käyrät eivät ole laskevia 102 kierroksen kohdalla. Verrattaessa esimerkiksi keskenään Rappukallion kiven hyvämuotoista kiviainesta ja huonomuotoista kiviainesta sisältäviä päällystemassoja havaitaan, että ensin mainitulla massalla saavutettiin maksimileikkausvoima (käyrä lopussa laskeva), mutta viimeksi mainitulla massalla ei (käyrä nouseva).



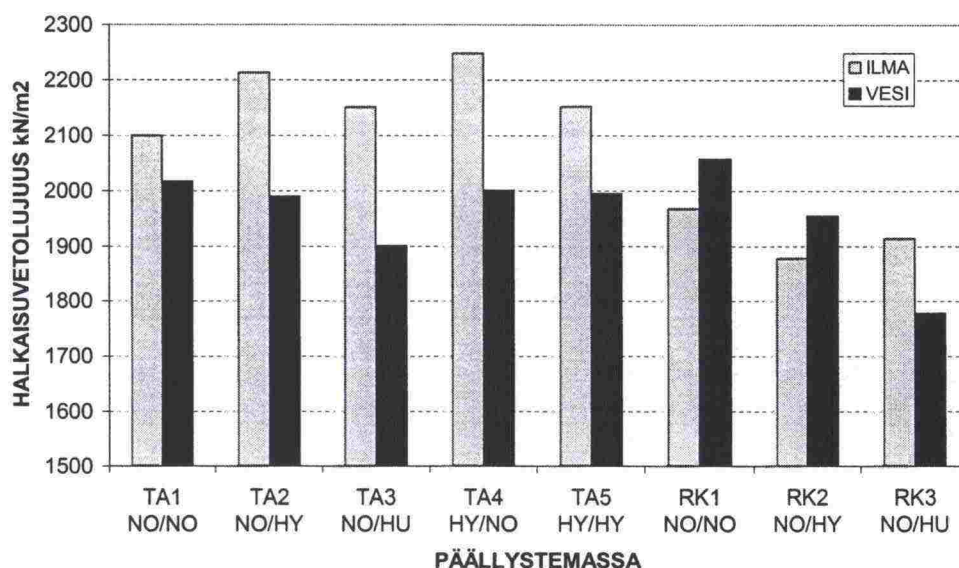
Kuva 11. Tutkittujen AB 16-massojen ICT-kokeen suurimmat leikkausvoimat sideainepitoisuuden funktiona Talman kiviaineksilla.



Kuva 12. Tutkittujen AB 16-massojen ICT-kokeen suurimmat leikkausvoimat sideainepitoisuuden funktiona Rappukallion kiviaineksilla.

5.3 Päällysteen vedenkestävyys

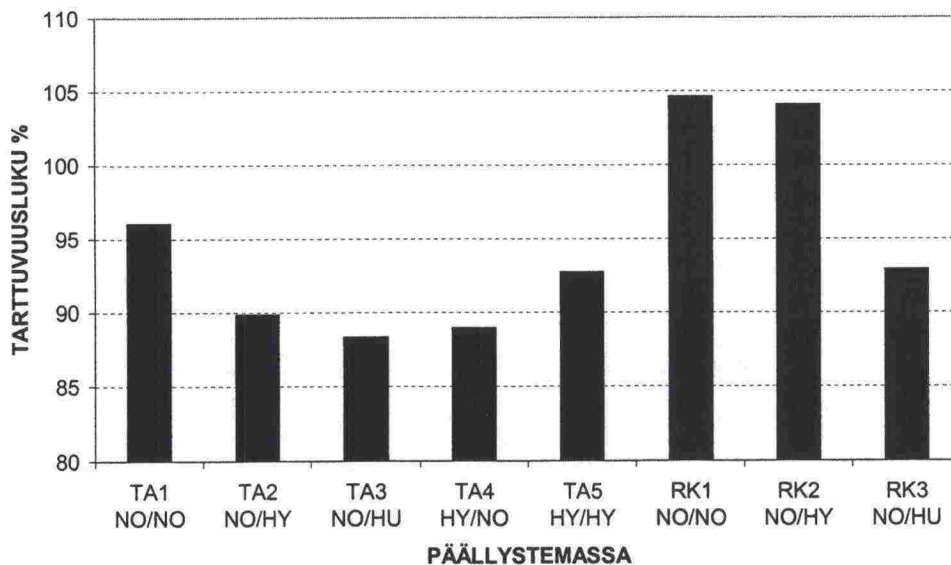
Kuvissa 13 ja 14 esitetään vedenkestävyyskokeen 4 kuukautta ilma- ja vesisäilytyksessä olleiden AB 16-porakappaleiden keskimääräiset halkaisuvetolujuudet (+ 10 °C) ja tarttuvuusluvut. Ilmasäilytysteiden poranäytteiden halkaisuvetolujuudet olivat Talman kiviaineksia sisältävillä massoilla selvästi suurempia kuin Rappukallion kiviaineksia sisältävillä massoilla. Tämä johtunee kiviainesten toisistaan poikkeavista ominaisuuksista (karkean kiviaineksen raemuoto, lujuus ja pintaominaisuudet). Sen sijaan välilajitteen raemuodolla ei ollut havaittavissa selväpiirteistä vaikutusta halkaisuvetolujuuksiin. Myöskään päällysteen tyhjätilat (1,3 – 1,8 %) eivät selittäneet halkaisuvetolujuuseroa kummallakaan kivellä.



Kuva 13. Vedenkestävyyskokeen 4 kuukautta ilma- tai vesisäilytyksessä olleiden poranäytteiden keskimääräiset halkaisuvetolujuudet eri päällystemassoilla (TA = Talman ja RK = Rappukallion kivi).

Vesisäilytysteiden näytteiden halkaisuvetolujuuksissa ei ollut havaittavissa edellä mainitun kaltaista tasoeroa Talman ja Rappukallion kivien kesken. Talman kiveä sisältävillä päällysteillä lujuusarvot olivat kiviaineksen raemuodosta riippumatta samaa tasoa. Pienin halkaisuvetolujuus saatiin huonomuotoisella kiviaineksella. Myös Rappukallion kivellä huonomuotoista kiviainesta sisältävällä massalla saatiin pienimmät lujuudet. Rappukallion kivellä massakohtaiset erot olivat Talman kivistä poiketen selvät suurimman halkaisuvetolujuuden ollessa normaalimuotoisella kiviaineksella. Ilmasäilytysteiden näytteiden tavoin halkaisuvetolujuudet eivät juurikaan korreloineet päällysteen tyhjätilojen (1,3 – 1,9 %) kanssa.

Päällysteen vedenkestävyyttä kuvaavat tarttuvuusluvut (kuva 14) olivat kaikilla tutkituilla päällystemassoilla hyviä. Nämä 4 kuukauden säilytyksen jälkeiset arvot ylittivät kokonaisuudessaan Asfalttinormien vaatimuksen 80 %, joka perustuu vain 3 vuorokauden säilytykseen. Vedenkestävyyskokeiden hyviin tuloksiin vaikuttaa osaltaan myös se, että poranäytteiden tyhjätilat olivat pääosin melko alhaisia eli lukuarvoltaan alle 2 %.



Kuva 14. Vedenkestävyyskokeen 4 kuukautta ilma- tai vesisäilytyksessä olleiden poranäytteiden keskimääräiset tarttuvuusluvut eri päällystemassoilla (TA = Talman ja RK = Rappukallion kivi).

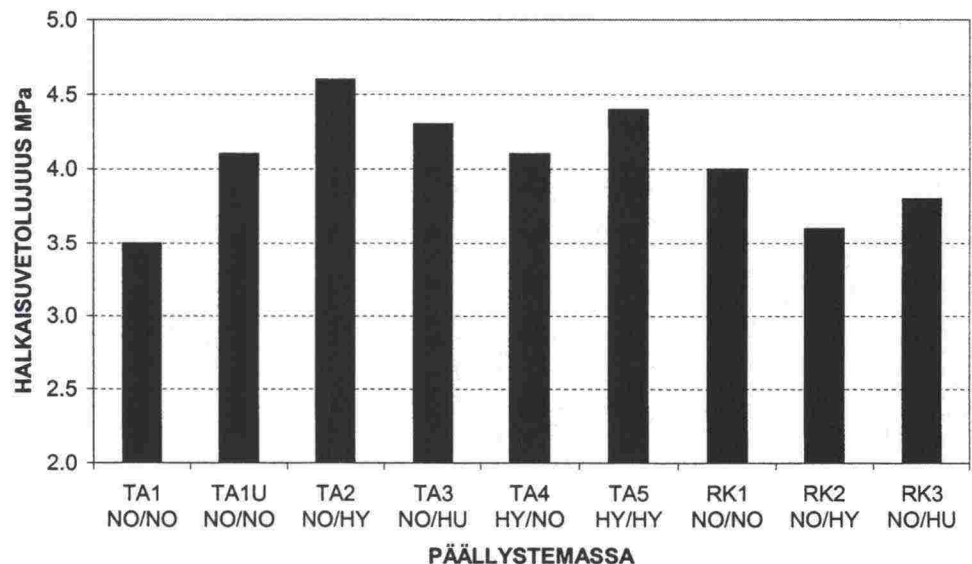
Talman kiviaineksia sisältävillä massoilla tarttuvuusluvut (88 – 96 %) olivat välilajitteen raemuodosta riippumatta samaa tasoa ja erot johtuivat todennäköisesti päällysteen tyhjätiloista, koska tarttuvuusluku korreloi ($r = -0,97$) hyvin keskimääräisten (ilma- ja vesisäilytteisten näytteiden yhteinen keskiarvo) tyhjätilojen kanssa, vaikkakin massakohtaiset tyhjätilat (1,3 – 1,8 %) olivat samaa tasoa.

Rappukallion normaali- ja hyvämuotoista kiviainesta sisältävillä päällysteenäytteillä tarttuvuusluku oli jopa yli 100 % eli vesisäilytys ei vaikuttanut halkaisuvetolujuuksia alentavasti. Rappukallion kivellä välilajitteen 2 – 8 mm huono raemuoto vaikutti alentavasti vesisäilytteisten näytteiden halkaisuvetolujuuteen ja täten myös heikensi tarttuvuuslukua paremman raemuodon omaaviin massoihin verrattuna.

5.4 Päällysteen kylmänkestävyys

Päällysteen kylmänkestävyyttä kuvaavat halkaisuvetolujuudet esitetään kuvassa 15. Halkaisuvetolujuudet ovat lukuarvoltaan yllättävän suuria indikoiden massojen heikohkoa kylmänkestävyyttä. Halkaisuvetolujuusarvot vastaavat pienimmän halkaisuvetolujuuden omaavilla massoilla (Talma 1 ja

Rappukallio 2) noin $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja suurimman halkaisuvetolujuuden omaavalla massalla (Talma 2) noin $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakkaskestävyyttä.



Kuva 15. Kylmänkestävyyskokeen keskimääräiset halkaisuvetolujuudet ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) eri päällystemassoilla (TA = Talman ja RK = Rappukallion kivi).

Pakkaskestävyydet ovat likimääräisiä arvoja myös sikäli, että rinnakkaisnäytteiden halkaisuvetolujuusarvot poikkesivat paljon toisistaan. Tämä on hyvin tyypillistä kyseisessä päällysteen haurautta kuvaavassa koemenetelyssä, jonka käyttökelpoisuutta päällysteiden kylmänkestävyyden testaukseen voidaan oikeutetusti kritisoida. Kylmänkestävyyden testaukseen tulisi-kin kehittää parempi testausmenetelmä.

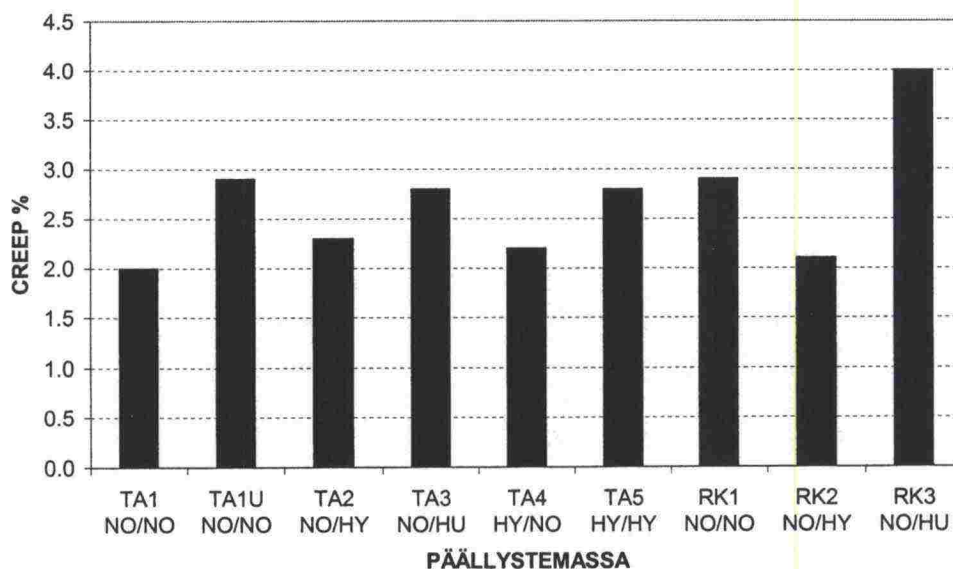
Halkaisuvetolujuuskokeen tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava kaksi seikkaa, jotka vaikuttavat saatuihin tuloksiin eli päällysteen tyhjätila ja kiviaineksen ominaisuudet (lujuus ja pintarakenne). Vertailtaessa keskenään Talman massoja 1 – 3 voidaan todeta, että pienin halkaisuvetolujuus on saatu Talman massalla 1, jolla oli myös näistä massoista selvästi suurin tyhjätila ja että suurin halkaisuvetolujuus on saatu parhaimman raemuodon ja samalla lujimman kiviaineksen omaavalla massalla 3. Nämä seikat huomioiden kyseisten massojen kylmänkestävyyksissä ei ole juurikaan eroja. Myös Talman kiven päällystemassojen 4 ja 5 halkaisuvetolujuusero selittynee massojen tyhjätilaerolla. Massalla 4 keskimääräinen tyhjätila oli 3,5 % ja massalla 5 vain 1 %.

Rappukallion kiviaineksia sisältävillä päällystemassoilla kylmänkestävyyskokeen halkaisuvetolujuudet olivat keskimäärin vähän alhaisempia kuin Talman kiviaineksia sisältävillä massoilla. Ero selittynee jälleen toisistaan poikkeavilla kiviainesominaisuuksilla. Pienin halkaisuvetolujuus saatiin raemuodoltaan parhaimmalla massalla 2, jolla myös tyhjätilat (3,9 %) olivat keskimäärin selvästi suurempia kuin muilla Rappukallion massoilla. Täten Rap-

pukallion kiven raemuodolla ei ollut vaikutusta päällysteen kylmänkestävyyteen.

5.5 Päällysteen deformaatioherkkyys

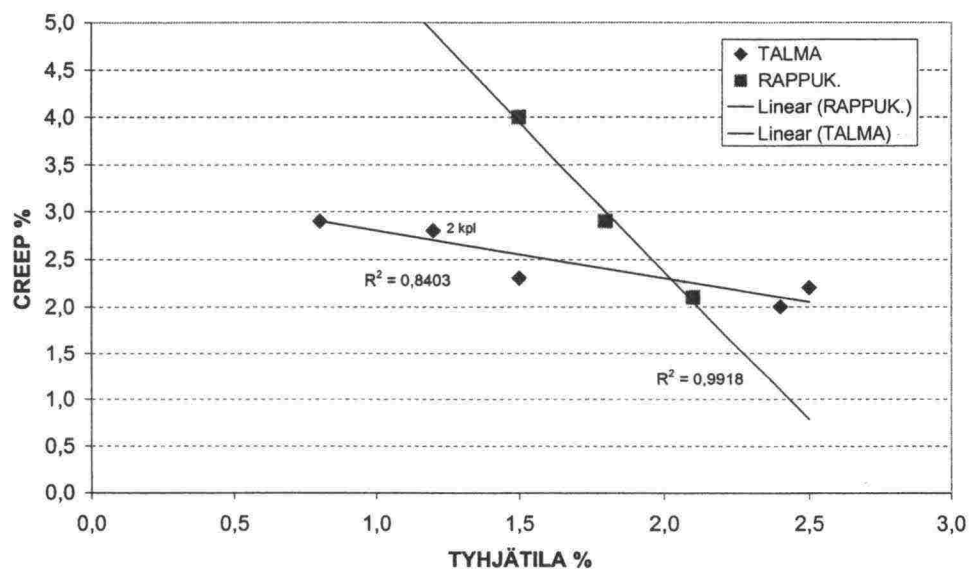
Päällysteen deformaatioherkkyttä kuvaavat jaksollisen virumiskokeen Creep-arvot esitetään kuvassa 16. Tulokset olivat lukuarvoltaan normaaleja AB-massan deformaatioarvoja sijoittuen yhtä massaa lukuun ottamatta Asfalttinormien deformaatioluokkaan II. Ainoa poikkeus oli Rappukallion huonomuotoista kiviainesta sisältävä massa, joka deformoitui muita massoja enemmän sijoittuen deformaatioluokkaan III.



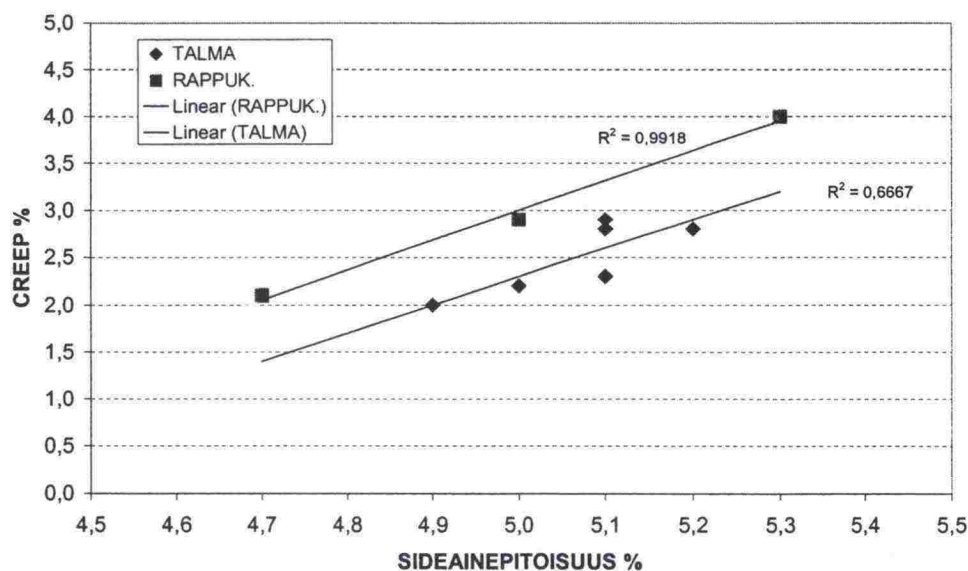
Kuva 16. Jaksollisen virumiskokeen keskimääräiset Creep-arvot eri päällystemassoilla (TA = Talman ja RK = Rappukallion kivi).

Kuvan 16 tulosten perusteella Rappukallion kiveä sisältävillä päällysteillä välilajitteen 2 – 8 mm raemuoto näyttäisi vaikuttavan selvästi deformaatioherkyyteen siten, että raemuodon parantuessa deformaatioherkkyys vähenisi. Talman kivellä tämä vaikutus näyttäisi olevan vähemmän selvä.

Raemuodon vaikutus deformaatioherkyyteen näyttää kuitenkin vähenevän, kun tarkastellaan Creep-arvojen ja poranäytteiden tyhjätilojen välistä riippuvuutta (kuva 17). Riippuvuus ei ole kovin hyvä ($r = 0,55$) tarkasteltaessa kaikkia tutkimuksen massoja, mutta tarkasteltaessa erikseen Talman ja Rappukallion kiven massoja havaitaan Creep-arvojen korreloivan erittäin hyvin tyhjätilojen kanssa (Talman $r = 0,92$ ja Rappukallio $r = 1,00$). Tyhjätilan pienentyessä deformaatioherkkyys on selvästi lisääntynyt varsinkin Rappukallion kiviainesta sisältävillä päällysteillä. Täytyy myös huomioida, että kyseinen havainto koskee kauttaaltaan hyvin pieniä tyhjätiloja (alle 2,5 %) omaavia päällysteitä ja että vaikutus voi olla aivan toinen siirryttäessä suuriin tyhjätiloihin (esim. yli 5 %).



Kuva 17. Tyhjättilan vaikutus päällysteen deformaatioherkkyyteen.



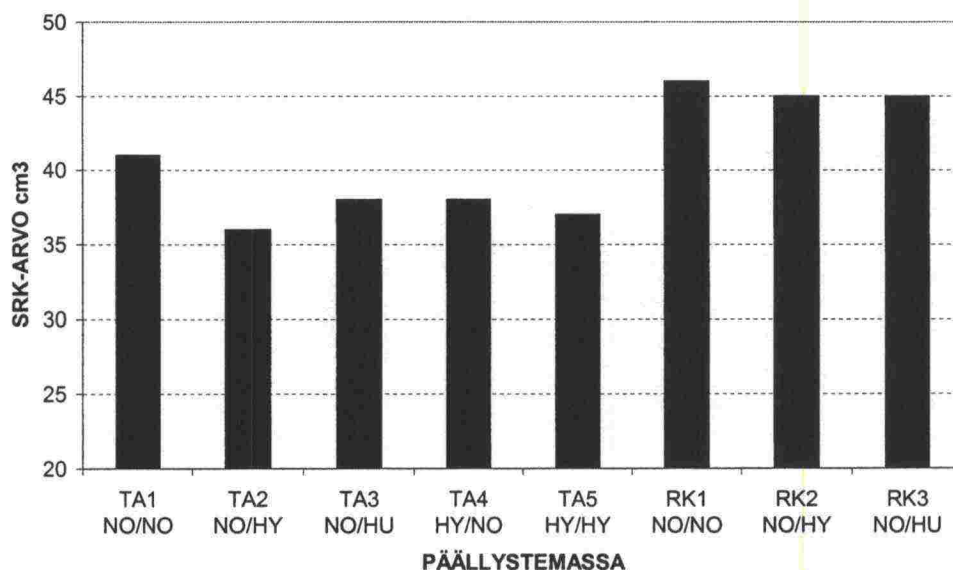
Kuva 18. Sideainepitoisuuden vaikutus päällysteen deformaatioherkkyyteen.

Koska sideainepitoisuus ja tyhjättila korreloivat yleensä ottaen hyvin keskenään, on luonnollista, että Creep-arvot korreloivat hyvin sideainepitoisuuden kanssa (kuva 18). Kaikki päällystemassat huomioiden $r = 0,77$, mutta Talman kiveä sisältävillä massoilla $r = 0,82$ ja Rappukallion kiveä sisältävillä massoilla $r = 1,00$. Välilajitteen raemuoto ei siis suoranaisesti vaikuta päällysteen deformaatioherkkyyteen, vaan vaikutus tulee suhteitusominaisuuksien kautta. Huonomuotoinen kiviaines vaatii usein huonomman tiivistettävyytensä vuoksi enemmän sideainetta, jotta massalla päästäisiin samoihin

tyhjätiloihin kuin parempimuotoisella kiviaineksella. Tämän vuoksi huonomuotoista kiviainesta sisältävä massa on myös deformaatioherkempää kuin hyvämuotoista kiviainesta sisältävä massa. Erityisen selvästi tämä seikka tulee esiin Rappukallion kivellä.

5.6 Päällysteen kulutuskestävyys

Päällysteen kulutuskestävyyttä kuvaavat SRK-arvot esitetään kuvassa 19. Rappukallion kiveä sisältävien poranäytteiden SRK-arvot olivat selvästi suurempia kuin Talman kiveä sisältävien näytteiden arvot. Ero johtuu selkeästi kiviainesten erosta kestää hiovaa kulutusta. Talman kivellä päästiin selkeästi Asfalttinormien kulumisluokkaan III, kun taas Rappukallion kivellä jäätii III- ja IV-luokan rajalle ($45 - 46 \text{ cm}^3$).



Kuva 19. Kulutuskokeen keskimääräiset SRK-arvot eri päällystemassoilla (TA = Talman ja RK = Rappukallion kivi).

Rappukallion kiveä sisältävillä massoilla välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutus ei näkynyt kulumistuloksissa. Talman kivellä parhaat kulutuskestävyysarvot saatiin massoilla 2 ja 5, jotka sisälsivät hyvämuotoista kiviainesta. Raemuodon vaikutus kulutuskestävyyteen oli kuitenkin marginaalista, koska SRK-arvojen erot olivat minimaalisia.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa selvitettiin kahdella eri kiviaineksella välilajitteen 2 – 8 mm raemuodon vaikutusta AB 16-päällysteen ominaisuuksiin. Lisäksi selvitettiin yhdellä kiviaineksella hienomman välilajitteen 0,4 – 2 mm vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin. Tutkimuksen tuloksista voidaan vetää seuraavia johtopäätöksiä:

1. Välilajitteen raemuodon vaikutus massan sideainetarpeeseen oli selkeä Rappukallion gabrolla, kun taas Talman graniittisella kiviaineksella vaikutus oli hyvin vähäinen, ellei raemuoto ollut poikkeuksellisen huono. Tällöin sen vaikutus oli samanlainen kuin Rappukallion kivellä eli sideainetarve kasvoi päällysteessä. Rappukallion kivellä 10 %-yksikön muutos litteysluvussa vaikutti sideainetarpeeseen 0,2 – 0,3 %-yksikköä. Talman kivellä raemuodon vaikutus oli osittain epäloogista johtuen todennäköisesti erimuotoisten kiviainesten erilaisesta pakkautumisesta tiivistettävässä.
2. Välilajitteen raemuoto vaikuttaa välillisesti sideainetarpeen kautta päällystemassan täyttöasteeseen ja tyhjätilaan. Molemmilla kiviaineksilla massat käyttäytyivät loogisesti sideainepitoisuuden funktiona.
3. Päällysteen vedenkestävyyttä kuvaavat tarttuvuusluvut olivat kaikilla päällystemassoilla hyviä. Talman graniittista kiviainesta sisältävien massojen tarttuvuusluvut (88 – 96 %) olivat välilajitteen raemuodosta riippumattomia. Rappukallion gabrolla normaali- ja hyvämuotoista kiviainesta sisältävillä päällystenäytteillä tarttuvuusluku oli yli 100 % eli vesisäilytys ei vaikuttanut halkaisuvetolujuuksia alentavasti. Sen sijaan huonon raemuodon omaavalla massalla vesisäilytteisten näytteiden lujuus oli muita massoja alhaisempi ja täten tarttuvuusluku heikkeni suhteessa parempi-muotoisiin kiviainesmassoihin nähden.
4. Tummilla kiviaineksilla on tunnetusti yleensä parempi tartunta sideaineeseen kuin graniittisilla kiviaineksilla, mikä näkyi myös tässä tutkimuksessa nimenomaan suhteellisissa tarttuvuusluvuissa. Kiviainesten erilaiset kivirakeiden pintaominaisuudet sekä erilaiset lujuusarvot vaikuttivat myös massojen ilmasäilytteisten kappaleiden lujuuksiin. Graniittista kiviainesta sisältävillä massoilla ilmasäilytteisten kappaleiden halkaisuvetolujuudet olivat suurempia (12 %) kuin gabroa sisältävien näytteiden.
5. Välilajitteen raemuodolla ei ollut suoranaista vaikutusta päällysteen deformaatioherkkyyteen, vaan vaikutus tuli suhteitusominaisuuksien kautta, joista parhaiten deformaatioherkkyyden kanssa korreloivat tyhjätila ja sideainepitoisuus. Huonomuotoinen kiviaines vaatii huonomman tiivistävyytensä vuoksi yleensä enemmän sideainetta kuin hyvämuotoinen kiviaines, jotta massalla päästäisiin vaadittaviin tyhjätiloihin. Tämän vuoksi huonomuotoista kiviainesta sisältävä massa on deformaatioherkempää kuin hyvämuotoista kiviainesta sisältävä massa. Erityisen selvästi tämä seikka tuli esiin Rappukallion kivellä.

6. Välilajitteen raemuodolla ei ollut mitään vaikutusta päällysteen kulutuskestävyyteen käytettäessä kiviaineksena kulutuskestävyydeltään suhteellisen heikkoa gabroa. Graniittista kiviainesta käyttäen raemuodolla ei ollut juurikaan vaikutusta päällystenäytteiden kulumiseen kulumaerojen ollessa massojen välillä 6 %-yksikköä. Vähiten kului hyvämuotoista kiviainesta sisältävä massa. Talman ja Rappukallion kiviainesten erilaiset lujuudet näkyivät kokeessa normaalina kulumaerona.
7. Päällysteen kylmänkestävyyttä kuvaavat halkaisuvetolujuudet ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) olivat lukuarvoltaan yllättävän suuria indikoiden massojen heikohkoa kylmänkestävyyttä. Välilajitteen raemuodolla ei ollut suoranaista vaikutusta massojen kylmänkestävyyteen, vaan saadut suhteellisen pienet erot johduivat välillisesti suhteitustekijöistä.
8. Kiviainesten erimuotoisten välilajitteiden vaikutus näkyi massojen ICT-kokeen leikkausvoimissa. Erityisen hyvin tämä näkyi Rappukallion kivellä. Talman kivellä vaikutus oli vähäisempi ja vähemmän johdonmukaisempi kuin Rappukallion kivellä. Lajitteen 2 – 8 mm vaikutus tiivistysvoimiin oli suurempi kuin lajitteen 0,4 – 2 mm, mikä on raekokoeroja ajatellen ymmärrettävää.
9. Päällystekiviaineksen välilajitteen raemuodon parantaminen murskausteknisin keinoin on eräillä kivillä kokonaistaloudellisesti kannattavaa, koska päällysteen sideainepitoisuutta ja täten myös alkutiivistymistä ja deformaatiota saadaan pienennettyä. Murskausteknisesti välilajitteen raemuodon parantaminen on kuitenkin hankalampaa kuin karkean kiviaineksen raemuodon parantaminen, joten käytännössä edellä mainittuja tietoja voidaan todennäköisesti hyödyntää vain kiviainesvalinnassa.
10. Tutkimuksessa ei saatu yksiselitteisesti selvitettyä välilajitteen 0,4 – 2 mm raemuodon vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin, koska kyseisen lajitteen raemuodon muuttuessa myös välilajitteen 2 – 8 mm raemuoto muuttui vähäisessä määrin. Saadut tulokset viittasivat kuitenkin siihen, että välilajitteen 0,4 – 2 mm vaikutus päällysteen ominaisuuksiin on selvästi vähäisempää kuin välilajitteen 2 – 8 mm vaikutus.
11. Kiviaineksen välilajitteen vaikutus päällysteen ominaisuuksiin oli riippuvainen kiviaineksen muotoarvon lisäksi kiven mineralogisista tekijöistä. Kiviaineksen mineraloginen koostumus sekä tekstuuri (mineraalien raekoko, kidemuoto ja yhteenliittyminen) vaikuttavat murskauksessa syntyneen rakeen pintarakenteeseen, jolla oli tutkimuksen mukaan vaikutusta päällystemassan suhteitus- ja pitkäaikaisominaisuuksiin.

7 KIRJALLISUUS

- /1/ Alkio, Risto; Vuorinen, Jarmo; Väli- ja alalajitteen vaikutus päällysteen ominaisuuksiin. Asfalttipäällysteiden tutkimusohjelma ASTO 1987-1992, VTT / tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio n:o 139, TR 2/8, Espoo, joulukuu 1992.

- /2/ Vuorinen, Jarmo; Kurki, Timo; Alkio, Risto; Kiviaineksen raemuodon vaikutus SMA-päällysteen kulumiskestävyyteen – Loppuraportti Vt 1:n minikoeteiden tutkimuksista. Helsinki 1998. Tielaitos, Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka, Tielaitoksen selvityksiä 37/1998, 39 s., ISSN 0788-3722, ISBN 951-726-459-3, TIEL 3200529.

- /3/ Vuorinen, Jarmo; Kiviaineksen raemuodon vaikutus päällysteen kulumiskestävyyteen ja työstettävyyteen. Päällystekurssit 1998, Asfalttiliitto ry., 12 s.



YHDYSKUNTATEKNIikka
Väylät ja ympäristö

RNO 4/99
Tuomo Kollanen
2.3.1999

Tilaaaja: Tielaitos

Kohde: Välilajitteen muotoarvotutkimus / Jarmo Vuorinen

Massa: AB 16

Sideaine: B-80 4,9 %

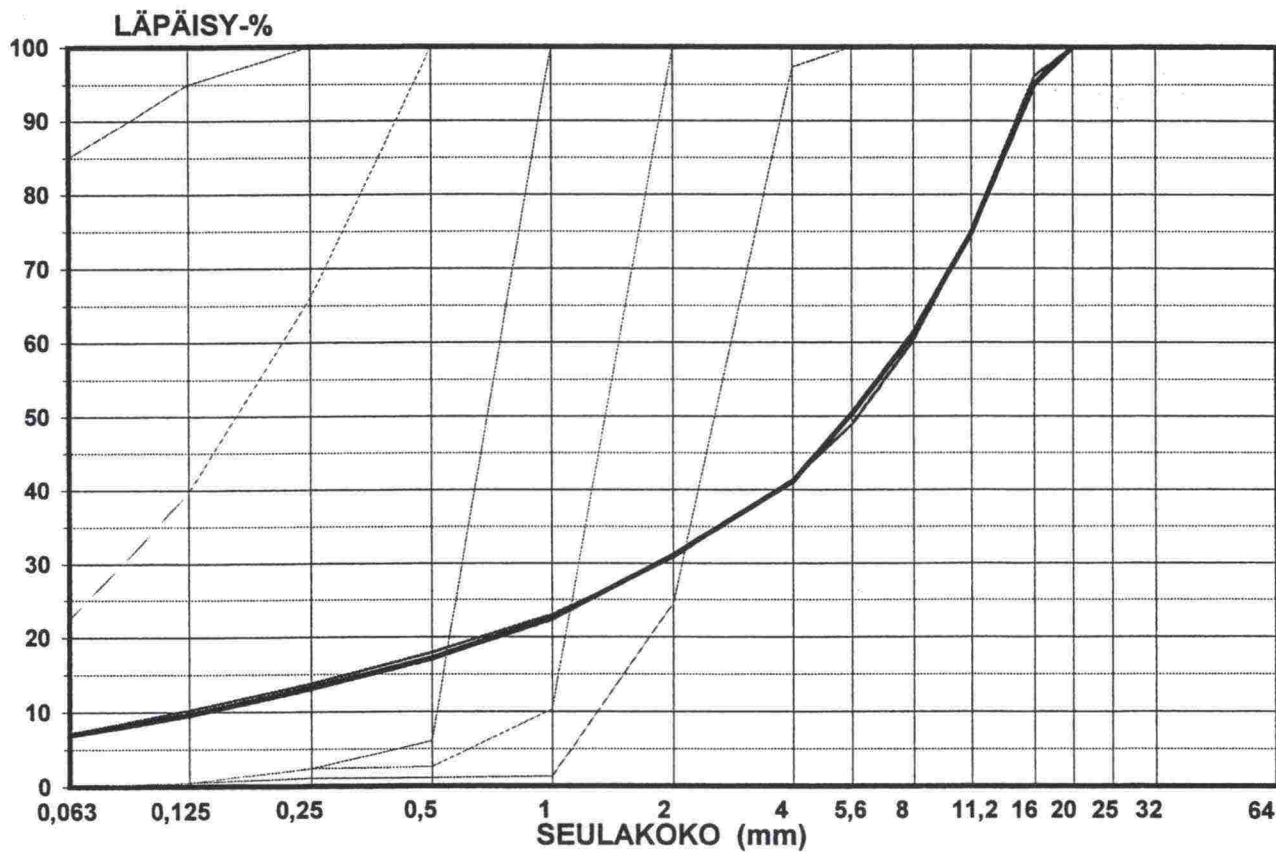
Täytejauhe: Kalkkifilleri

Lisäaineet:

Kiviaines: Talma / normaali (1)

Muuta:

Massan tiheys: 2470 kg/m³



Tiheydet: 2665 2770 2660 2660 2660 2660 2660 2660 2660

Seososuudet: 100,0 % 5,0 % 11,0 % 5,0 % 7,0 % 10,0 % 10,0 % 10,0 % 42,0 %

Seula	Ohje	Seos	KF	0/0,5	0,5/1	1/2	2/5	5/8	8/10	10/16		
0,063	7,2	6,9	85	22,4	0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3		
0,125	10,3	9,6	95	39,7	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,5		
0,25	13,8	13,2	100	66,1	2,4	2,4	1,1	1,1	1,2	0,7		
0,5	17,9	17,1	100	100	6,1	2,6	1,1	1,1	1,3	0,7		
1	23,0	22,4	100	100	100	10,3	1,3	1,2	1,4	0,8		
2	30,8	31,1	100	100	100	100	24,5	1,4	1,7	0,8		
4	41,4	41,1	100	100	100	100	97,3	26,3	4,1	0,9		
5,6	48,8	50,3	100	100	100	100	100	90,8	25,9	1,5		
8	60,4	61,3	100	100	100	100	100	100	92,4	9,6		
11,2	74,9	74,8	100	100	100	100	100	100	99,5	40,2		
16	96,1	95,0	100	100	100	100	100	100	100	88,1		
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		
25		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		
32		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		

[illegible]



YHDYSKUNTATEKNIikka
Väylät ja ympäristö

RNO 6/99
Tuomo Kollanen
2.3.1999

Tilaaja: Tielaitos

Kohde: Välilajitteen muotoarvotutkimus / Jarmo Vuorinen

Massa: AB 16

Sideaine: B-80 5,2 %

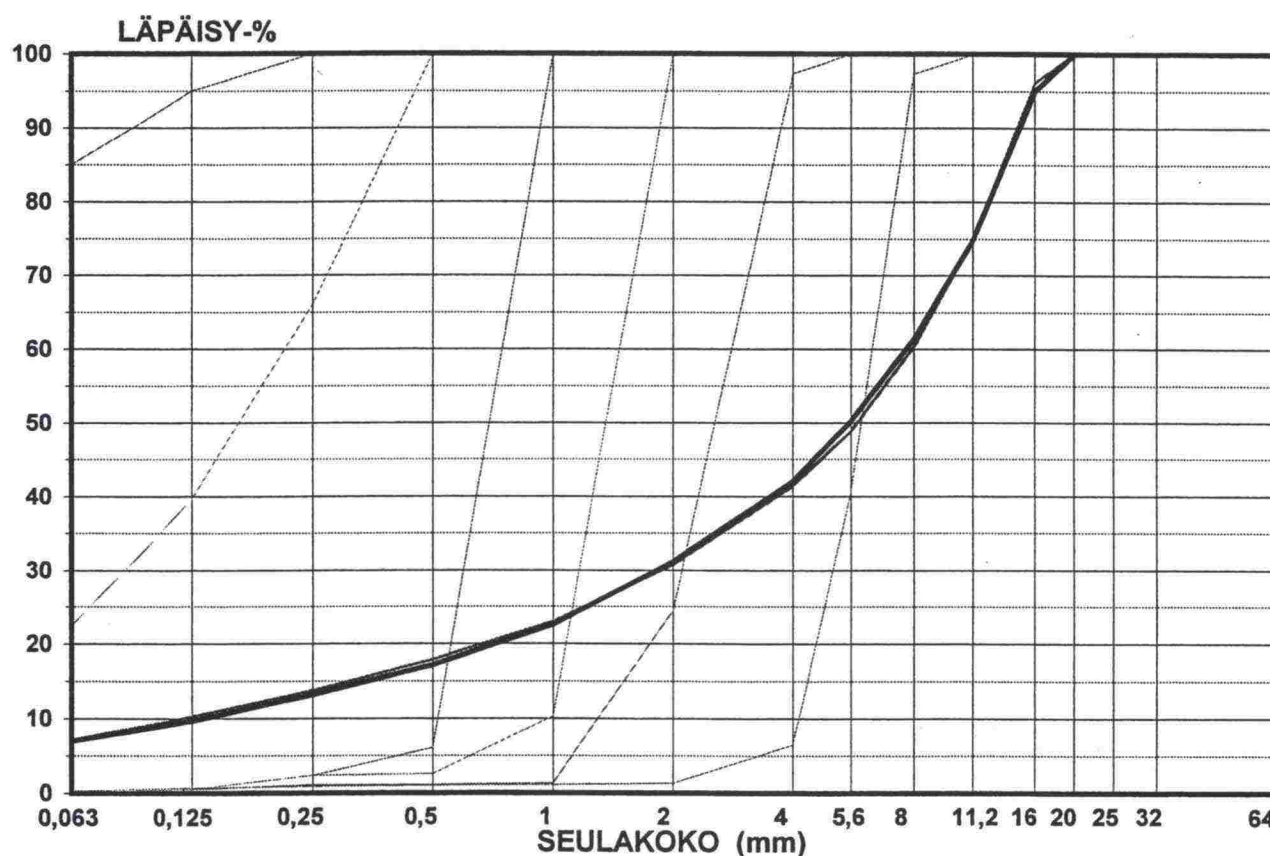
Täytejauhe: Kalkkifillieri

Lisäaineet:

Kiviaines: Talma / huono - normaali (3)

Muuta:

Massan tiheys: 2459 kg/m³



Tiheydet: 2665			2770	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2660
Seososuudet: 100,0 %			5,0 %	11,0 %	5,0 %	7,0 %	10,0 %	4,0 %	6,0 %	42,0 %	4,0 %	6,0 %
Seula	Ohje	Seos	KF	0/0,5	0,5/1	1/2	2/5	5/8	8/10	10/16	3/5,6 hu	5,6/8 hu
0,063	7,2	7,0	85	22,4	0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	1	0,3
0,125	10,3	9,7	95	39,7	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,5	2,3	0,7
0,25	13,8	13,2	100	66,1	2,4	2,4	1,1	1,1	1,2	0,7	2,9	0,9
0,5	17,9	17,2	100	100	6,1	2,6	1,1	1,1	1,3	0,7	3,2	1
1	23,0	22,5	100	100	100	10,3	1,3	1,2	1,4	0,8	3,5	1,1
2	30,8	31,2	100	100	100	100	24,5	1,4	1,7	0,8	4,2	1,3
4	41,4	42,0	100	100	100	100	97,3	26,3	4,1	0,9	56,3	6,5
5,6	48,8	50,2	100	100	100	100	100	90,8	25,9	1,5	99	40,7
8	60,4	61,4	100	100	100	100	100	100	92,4	9,6	100	97,3
11,2	74,9	74,8	100	100	100	100	100	100	99,5	40,2	100	99,9
16	96,1	95,0	100	100	100	100	100	100	100	88,1	100	100
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
32		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Tilaaaja: Tielaitos

Kohde: Väyläajittien muotoarvotutkimus / Jarmo Vuorinen

Massa: AB 16

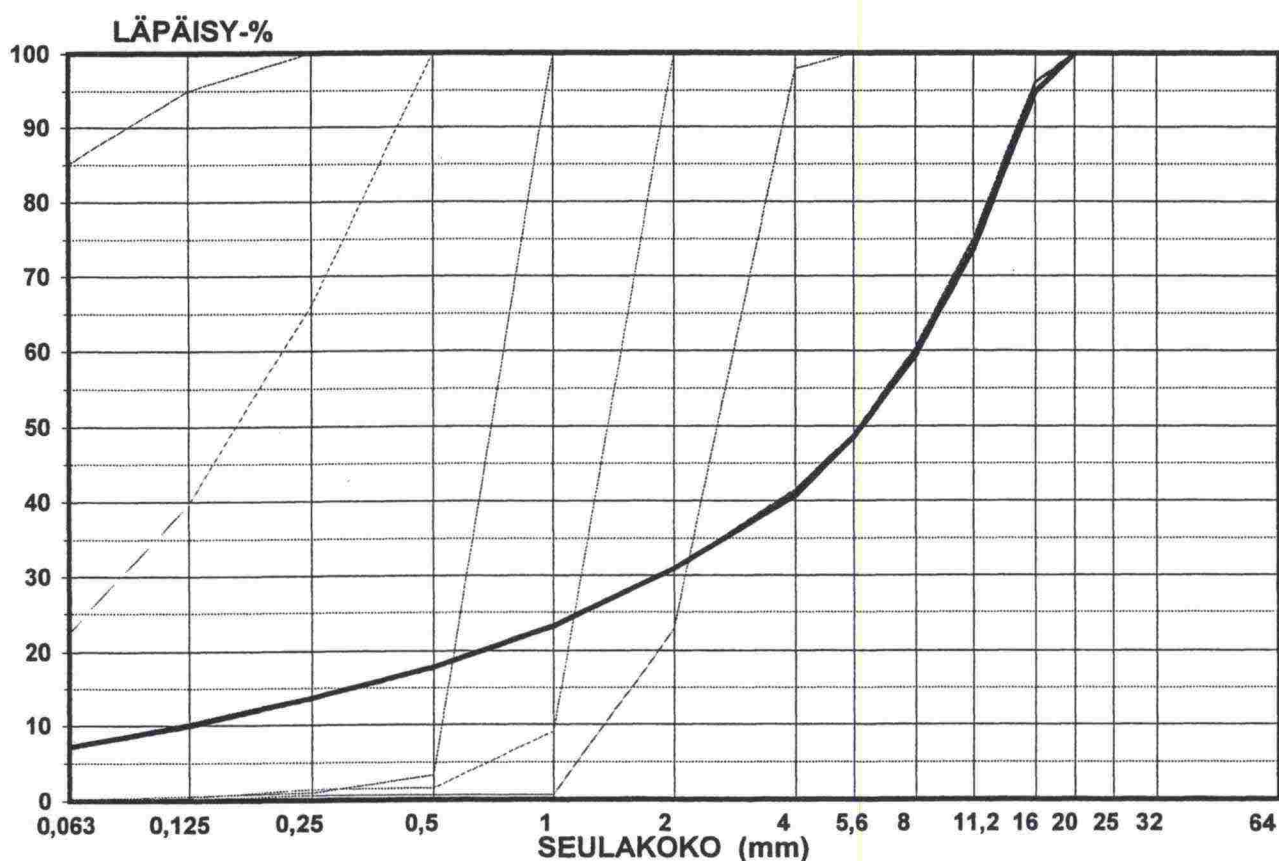
Sideaine: B-80 5 %

Täytejauhe: Kalkkifillieri

Lisäaineet:

Kiviaines: Talma / hyvä-normaali (4)

Muuta:

Massan tiheys: 2466 kg/m³

Tiheydet: 2665 2770 2660 2660 2660 2660 2660 2660 2660

Seososuudet: 100,0 % 5,0 % 12,0 % 5,0 % 6,0 % 10,0 % 8,0 % 10,0 % 44,0 %

Seula	Ohje	Seos	KF	0/0,5	0,5/1 hy	1/2 hy	2/5 hy	5/8	8/10	10/16		
0,063	7,2	7,2	85	22,4	0,2	0,1	0	0,5	0,3	0,3		
0,125	10,3	10,0	95	39,7	0,6	0,4	0,2	0,9	0,9	0,5		
0,25	13,8	13,7	100	66,1	1	1,5	0,7	1,1	1,2	0,7		
0,5	17,9	17,9	100	100	3,3	1,6	0,7	1,1	1,3	0,7		
1	23,0	23,2	100	100	100	9	0,7	1,2	1,4	0,8		
2	30,8	30,9	100	100	100	100	22,9	1,4	1,7	0,8		
4	41,4	40,7	100	100	100	100	97,9	26,3	4,1	0,9		
5,6	48,8	48,5	100	100	100	100	100	90,8	25,9	1,5		
8	60,4	59,5	100	100	100	100	100	100	92,4	9,6		
11,2	74,9	73,6	100	100	100	100	100	100	99,5	40,2		
16	96,1	94,8	100	100	100	100	100	100	100	88,1		
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		
25		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		
32		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		



YHDYSKUNTATEKNIikka
Väylät ja ympäristö

RNO 8/99
Tuomo Kollanen
2.3.1999

Tilaaaja: Tielaitos

Kohde: Välilajitteen muotoarvotutkimus / Jarmo Vuorinen

Massa: AB 16

Sideaine: B-80 5,1 %

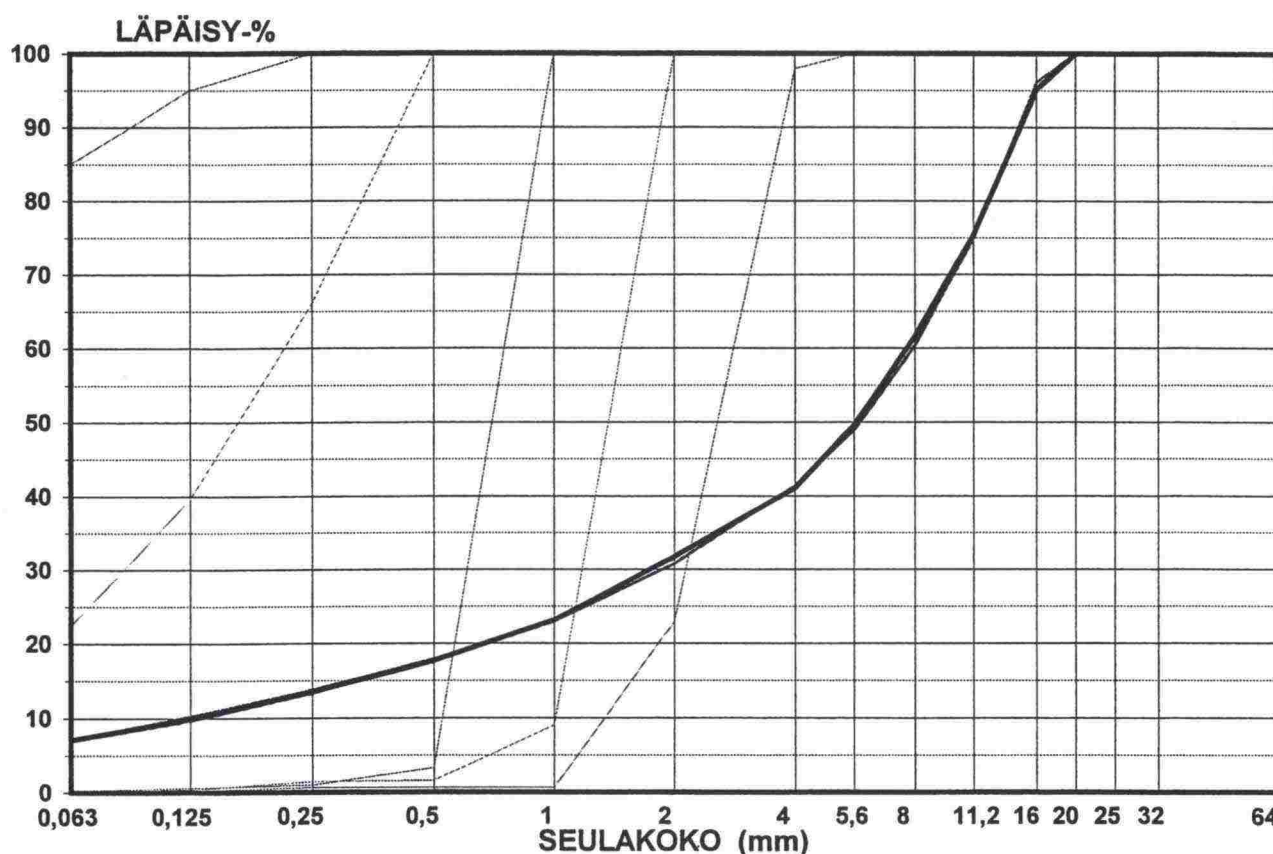
Täytejauhe: Kalkkifillieri

Lisäaineet:

Kiviaines: Talma / hyvä (5)

Muuta:

Massan tiheys: 2463 kg/m³



Tiheydet: 2665 2770 2660 2660 2660 2660 2660 2660 2660

Seososuudet: 100,0 % 5,0 % 12,0 % 5,0 % 7,0 % 10,0 % 10,0 % 10,0 % 41,0 %

Seula	Ohje	Seos	KF	0/0,5	0,5/1 hy	1/2 hy	2/5 hy	3/5,6 hy	5,6/8 hy	10/16		
0,063	7,2	7,1	85	22,4	0,2	0,1	0	0,1	0	0,3		
0,125	10,3	9,9	95	39,7	0,6	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5		
0,25	13,8	13,5	100	66,1	1	1,5	0,7	0,4	0,4	0,7		
0,5	17,9	17,7	100	100	3,3	1,6	0,7	0,4	0,4	0,7		
1	23,0	23,1	100	100	100	9	0,7	0,5	0,5	0,8		
2	30,8	31,7	100	100	100	100	22,9	0,6	0,5	0,8		
4	41,4	41,1	100	100	100	100	97,9	19,1	0,6	0,9		
5,6	48,8	49,6	100	100	100	100	100	87,2	12,4	1,5		
8	60,4	61,6	100	100	100	100	100	100	87	9,6		
11,2	74,9	75,4	100	100	100	100	100	100	99,5	40,2		
16	96,1	95,1	100	100	100	100	100	100	100	88,1		
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		
25		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		
32		100,0	100	100	100	100	100	100	100	100		



Tilaaja: Tielaitos

Kohde: Väyläajitteen muotoarvotutkimus / Ralkio

Massa: AB 16

Sideaine: B-80

5 %

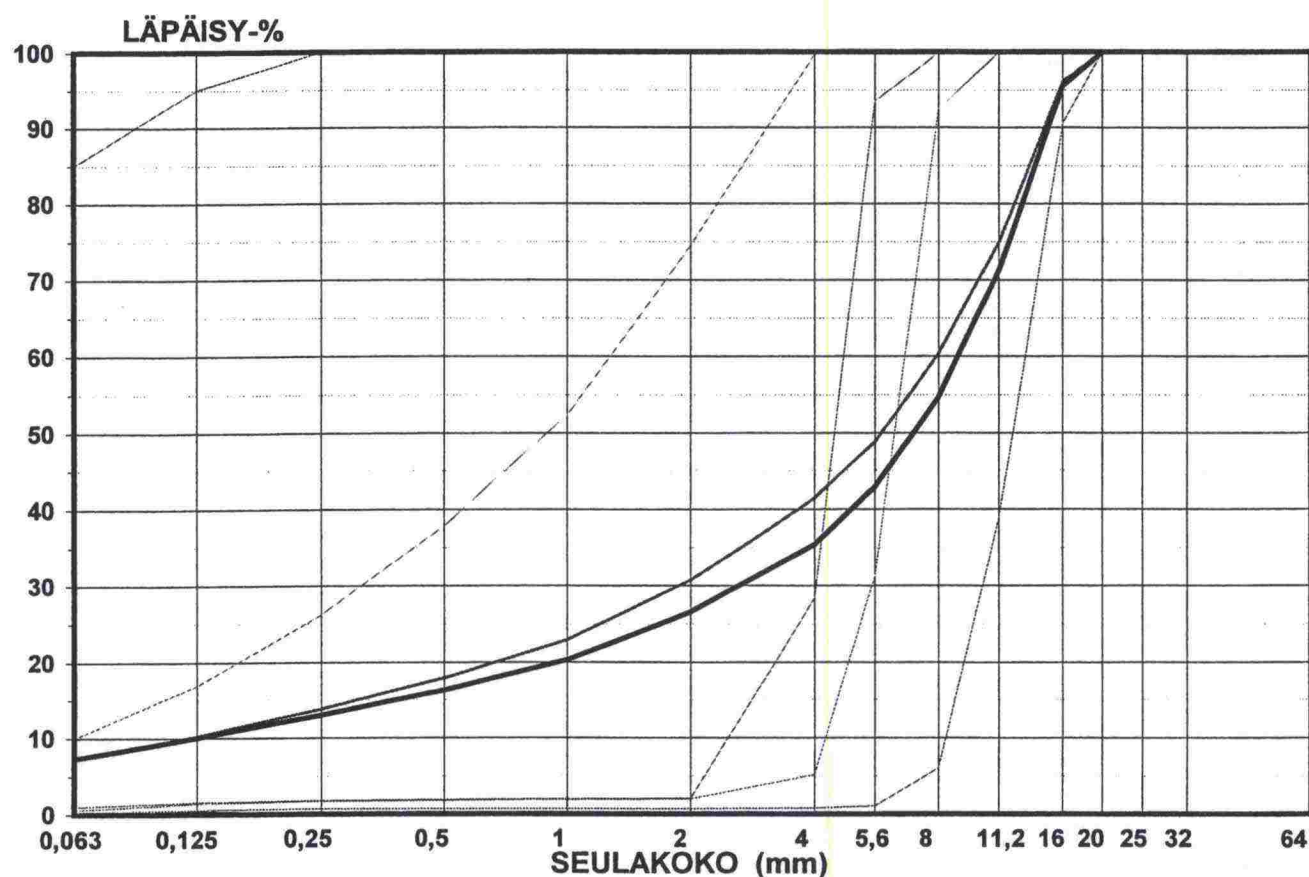
Täytejauhe: Kalkkifilleri

Lisäaineet:

Kiviaines: Rappukallio / normaali

Muuta:

Massan tiheys: 2769 kg/m³



Tiheydet: 3044

2770

3060

3060

3060

3060

Seososuudet: 100,0 %

5,0 %

28,0 %

5,0 %

15,0 %

47,0 %

Seula	Alkup.	Seos	KF	< 5	5/8	8/10	10/16		
0,063	7,2	7,3	85	10	1	0,6	0,3		
0,125	10,3	10,1	95	16,9	1,6	1,4	0,6		
0,25	13,8	13,0	100	26,2	1,8	1,7	0,7		
0,5	17,9	16,3	100	37,9	1,9	1,8	0,7		
1	23,0	20,4	100	52,3	2	1,9	0,7		
2	30,8	26,6	100	74,5	2,1	2	0,7		
4	41,4	35,5	100	99,7	28,4	5,2	0,8		
5,6	48,8	42,9	100	100	93,5	31,3	1,1		
8	60,4	54,7	100	100	99,9	92,5	6,1		
11,2	74,9	71,3	100	100	100	100	38,9		
16	96,1	95,5	100	100	100	100	90,5		
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100		
25		100,0	100	100	100	100	100		
32		100,0	100	100	100	100	100		



Tilaaja: Tielaitos

Kohde: Vällilajitteen muotoarvotutkimus / Ralkio

Massa: AB 16

Sideaine: B-80

4,7 %

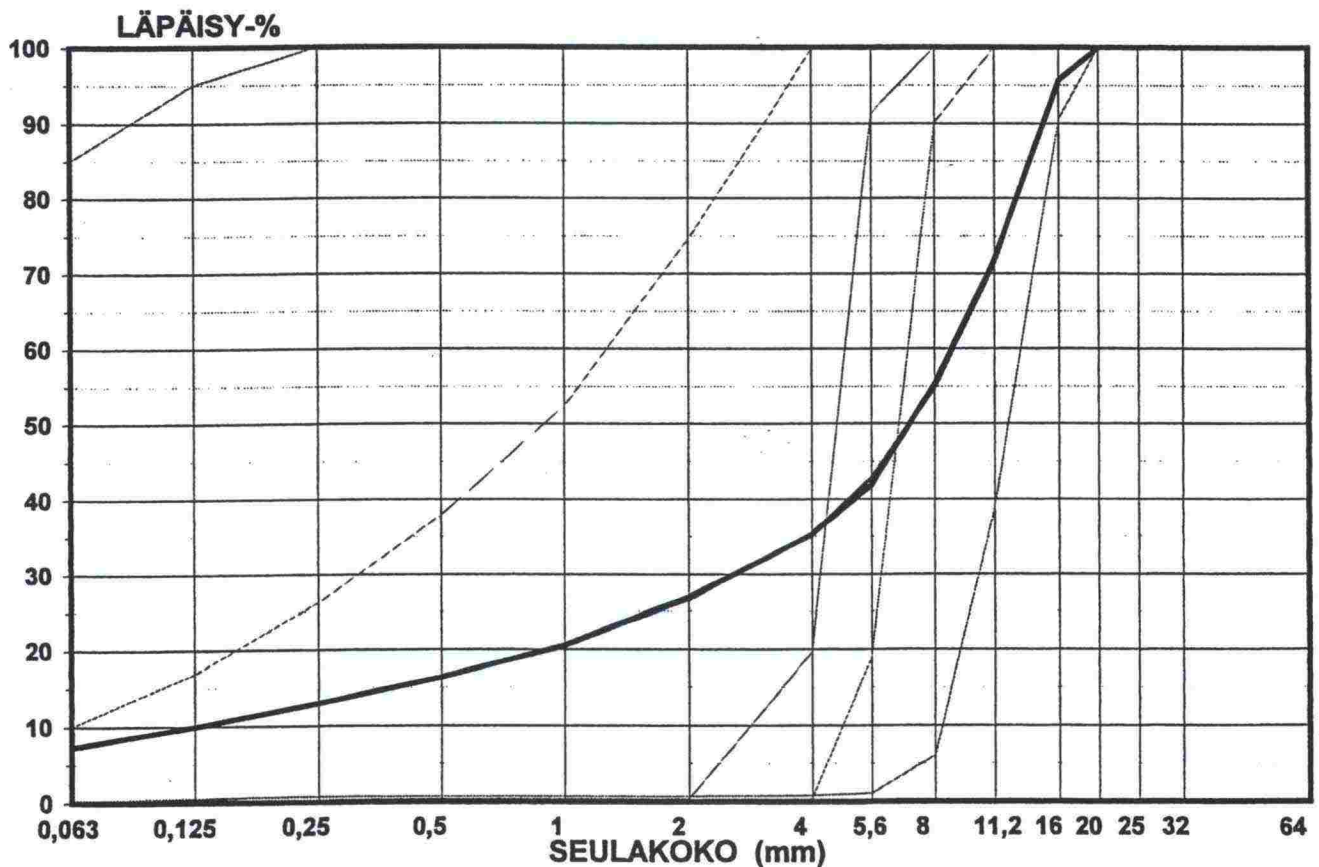
Täytejauhe: Kalkkifilleri

Lisäaineet:

Kiviaines: Rappukallio / hyvä

Muuta:

Massan tiheys: 2784 kg/m³



Tiheydet: 3044

2770

3060

3060

3060

3060

Seososuudet: 100,0 %

5,0 %

29,0 %

5,0 %

15,0 %

46,0 %

Seula	Alkup.	Seos	KF	< 5	3/5,6 hy	5,6/8 hy	10/16		
0,063	7,3	7,3	85	10	0,1	0,1	0,3		
0,125	10,1	10,0	95	16,9	0,3	0,2	0,6		
0,25	13,0	13,0	100	26,2	0,3	0,2	0,7		
0,5	16,3	16,4	100	37,9	0,4	0,2	0,7		
1	20,4	20,6	100	52,3	0,4	0,3	0,7		
2	26,6	27,0	100	74,5	0,4	0,3	0,7		
4	35,5	35,3	100	99,7	19,7	0,4	0,8		
5,6	42,9	41,9	100	100	91,3	19	1,1		
8	54,7	55,3	100	100	100	90,1	6,1		
11,2	71,3	71,9	100	100	100	100	38,9		
16	95,5	95,6	100	100	100	100	90,5		
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100		
25		100,0	100	100	100	100	100		
32		100,0	100	100	100	100	100		



Tilaaaja: Tielaitos

Kohde: Välilajitteen muotoarvotutkimus / RAIKIO

Massa: AB 16

Sideaine: B-80

5,3 %

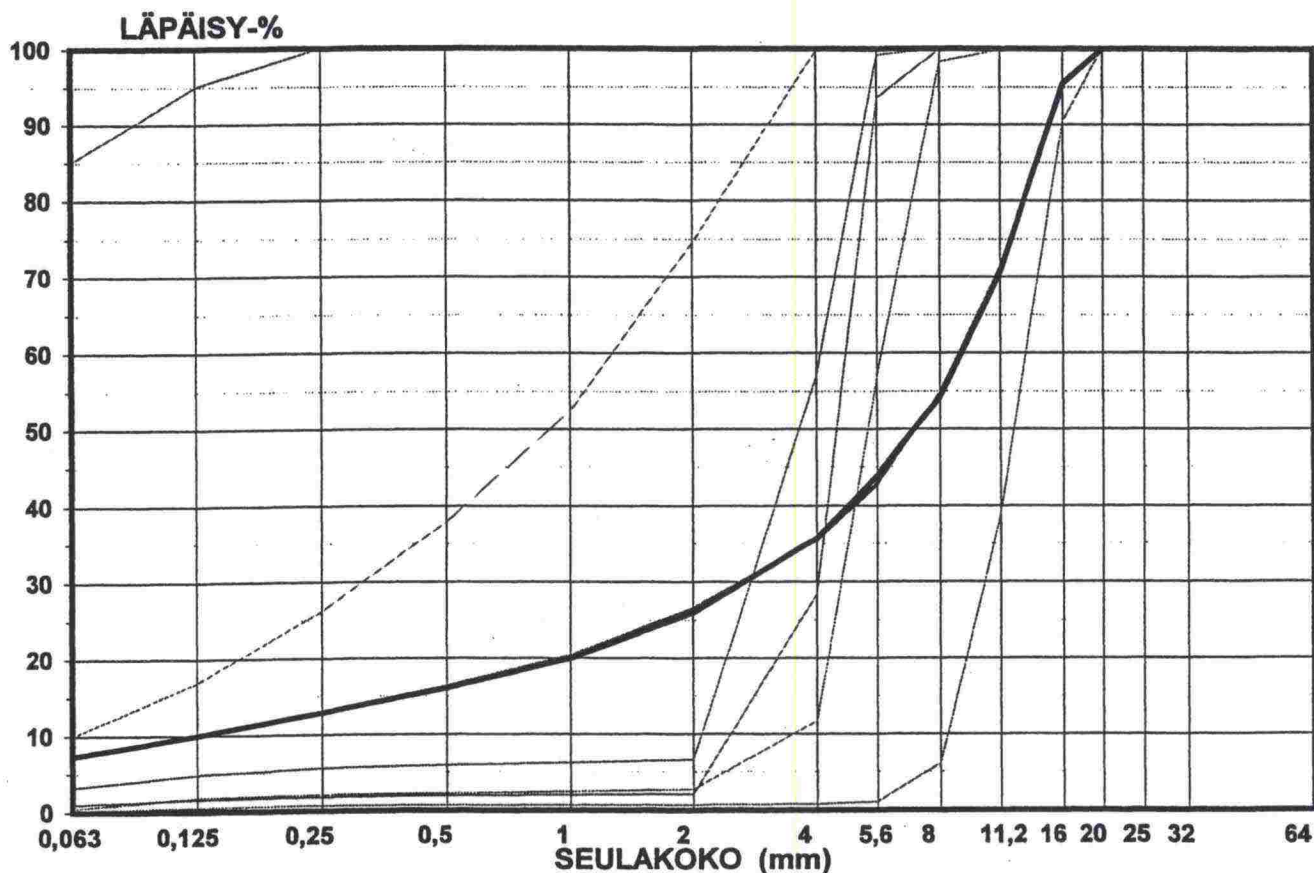
Täytejauhe: Kalkkifillieri

Lisäaineet:

Kiviaines: Rappukallio / huono

Muuta:

Massan tiheys: 2753 kg/m³



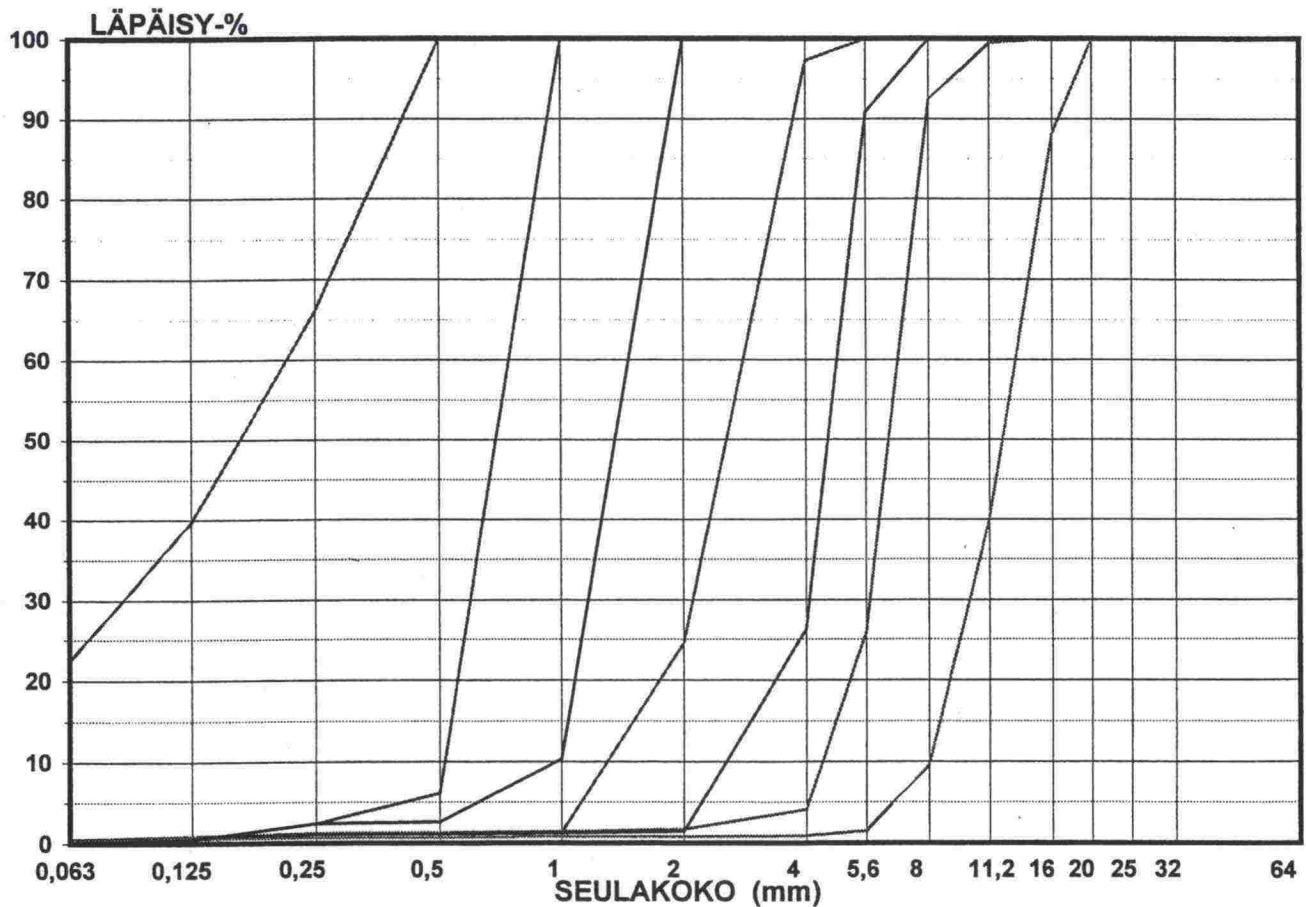
Tiheydet:		3042	2740	3060	3060	3060	3060	3060	3060
Seososuudet:		100,0 %	5,0 %	27,0 %	2,5 %	7,5 %	2,5 %	7,5 %	48,0 %
Seula	Alkup.	Seos	KF	< 5	3/5,6 hu	5,6/8 hu	5/8	8/10	10/16
0,063	7,3	7,3	85	10	3,2	0,5	1	0,6	0,3
0,125	10,1	10,0	95	16,9	4,8	1,8	1,6	1,4	0,6
0,25	13,0	12,9	100	26,2	5,6	2,1	1,8	1,7	0,7
0,5	16,3	16,1	100	37,9	5,9	2,2	1,9	1,8	0,7
1	20,4	20,0	100	52,3	6,2	2,4	2	1,9	0,7
2	26,6	26,0	100	74,5	6,6	2,7	2,1	2	0,7
4	35,5	35,7	100	99,7	57	11,7	28,4	5,2	0,8
5,6	42,9	44,0	100	100	99,2	56,8	93,5	31,3	1,1
8	54,7	54,2	100	100	100	98,3	99,9	92,5	6,1
11,2	71,3	70,7	100	100	100	99,9	100	100	38,9
16	95,5	95,4	100	100	100	100	100	100	90,5
20	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100
25		100,0	100	100	100	100	100	100	100
32		100,0	100	100	100	100	100	100	100



Tilaaja: TIEL
Kohde: VÄLIRAEMUOTO

Kiviaines: TALMA

Huomiot: NORMAALIMUOTOISET



Seula	0/0,5	0,5/1	1/2	2/5	5/8	8/10	10/16		
0,063	22,4	0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3		
0,125	39,7	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,5		
0,25	66,1	2,4	2,4	1,1	1,1	1,2	0,7		
0,5	100	6,1	2,6	1,1	1,1	1,3	0,7		
1		100	10,3	1,3	1,2	1,4	0,8		
2			100	24,5	1,4	1,7	0,8		
4				97,3	26,3	4,1	0,9		
5,6				100	90,8	25,9	1,5		
8					100	92,4	9,6		
11,2						99,5	40,2		
16						100	88,1		
20							100		
25									
32									

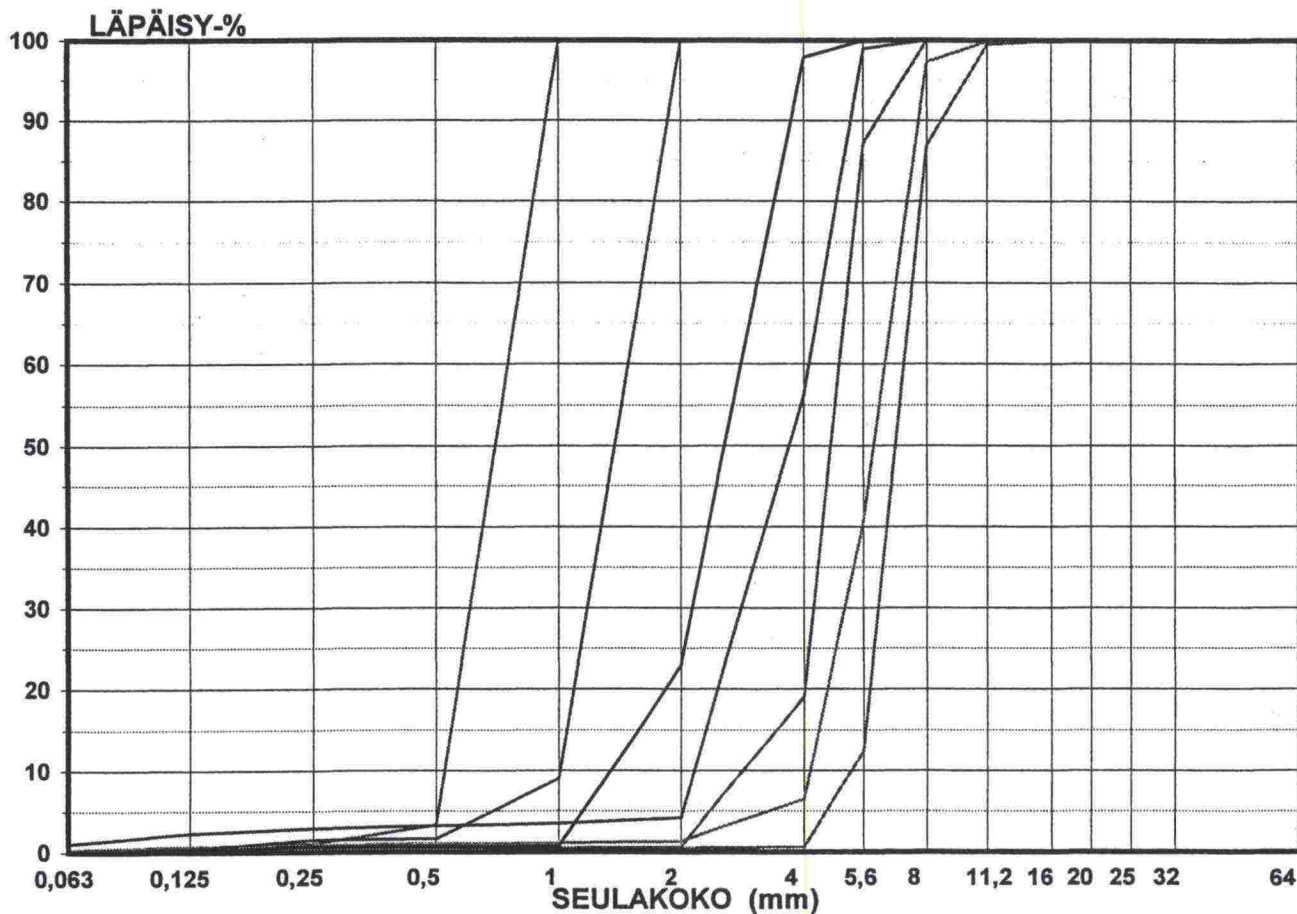


Tilaaja: TIEL

Kohde: VÄLIRAEMUOTO

Kiviaines: TALMA

Huomiot: VÄLPÄTYT MATERIAALIT



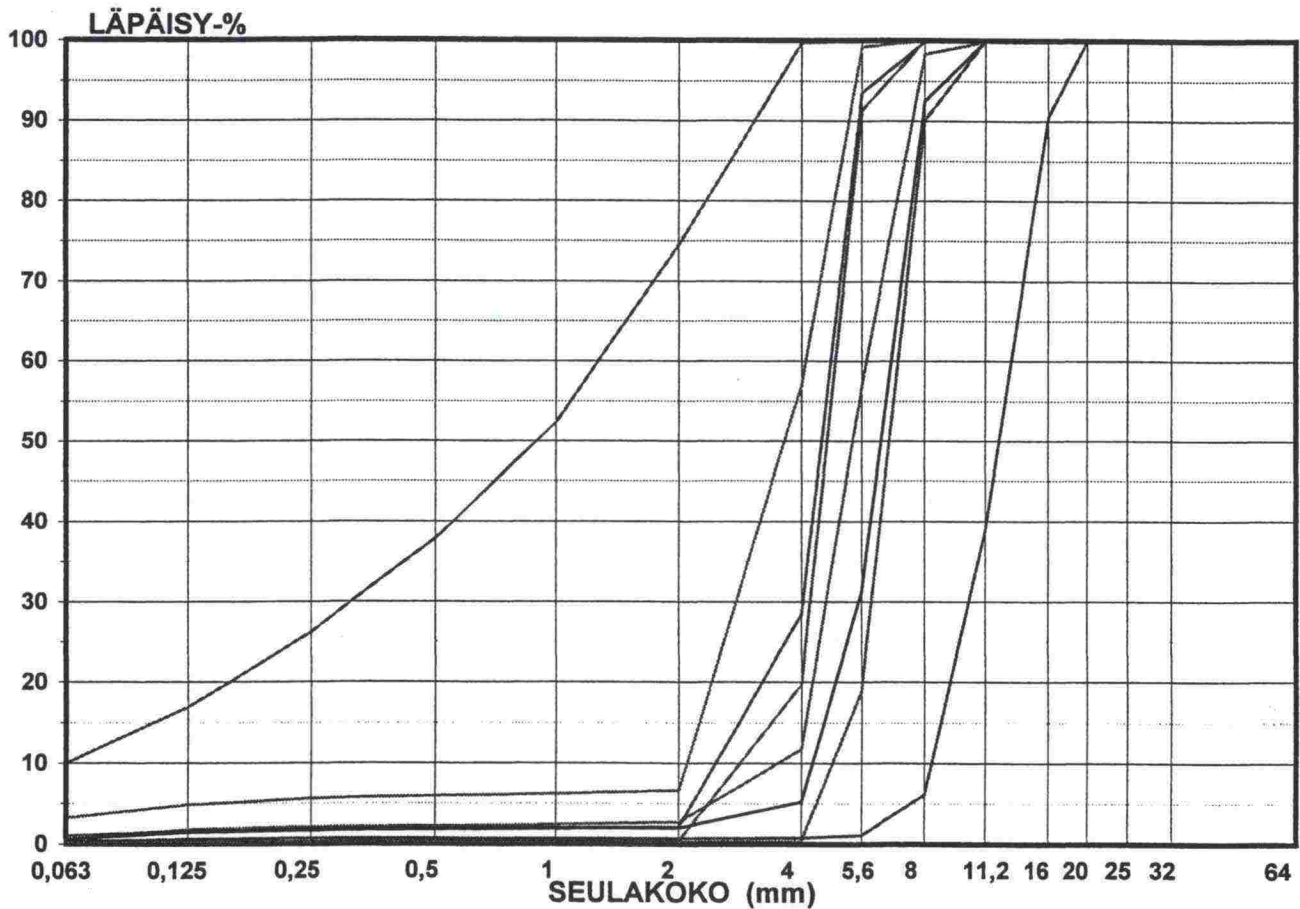
Seula	0,5/1 hy	1/2 hy	2/5 hy	3/5,6 hy	3/5,6 hu	5,6/8 hy	5,6/8 hu		
0,063	0,2	0,1	0	0,1	1	0	0,3		
0,125	0,6	0,4	0,2	0,3	2,3	0,3	0,7		
0,25	1	1,5	0,7	0,4	2,9	0,4	0,9		
0,5	3,3	1,6	0,7	0,4	3,2	0,4	1		
1	100	9	0,7	0,5	3,5	0,5	1,1		
2		100	22,9	0,6	4,2	0,5	1,3		
4			97,9	19,1	56,3	0,6	6,5		
5,6			100	87,2	99	12,4	40,7		
8				100	100	87	97,3		
11,2						99,5	99,9		
16						100	100		
20									
25									
32									



Tilaaaja: TIEL
Kohde: VÄLIRAEMUOTO

Kiviaines: RAPPUKALLIO

Huomiot: NORMAALIMUOT. JA VÄLPÄTYT



Seula	0-5	5-8	8-10	10-16	10-16	3-5,6 hy	3-5,6 hu	5,6-8 hy	5,6-8 hu
0,063	10		0,6	0,3	0,3	0,1	3,2	0,1	0,5
0,125	16,9	1,6	1,4	0,6	0,6	0,3	4,8	0,2	1,8
0,25	26,2	1,8	1,7	0,7	0,7	0,3	5,6	0,2	2,1
0,5	37,9	1,9	1,8	0,7	0,7	0,4	5,9	0,2	2,2
1	52,3	2	1,9	0,7	0,7	0,4	6,2	0,3	2,4
2	74,5	2,1	2	0,7	0,7	0,4	6,6	0,3	2,7
4	99,7	28,4	5,2	0,8	0,8	19,7	57	0,4	11,7
5,6	100	93,5	31,3	1,1	1,1	91,3	99,2	19	56,8
8		99,9	92,5	6,1	6,1	100	100	90,1	98,3
11,2		100	100	38,9	38,9			100	99,9
16				90,5	90,5				100
20				100	100				
25									
32									

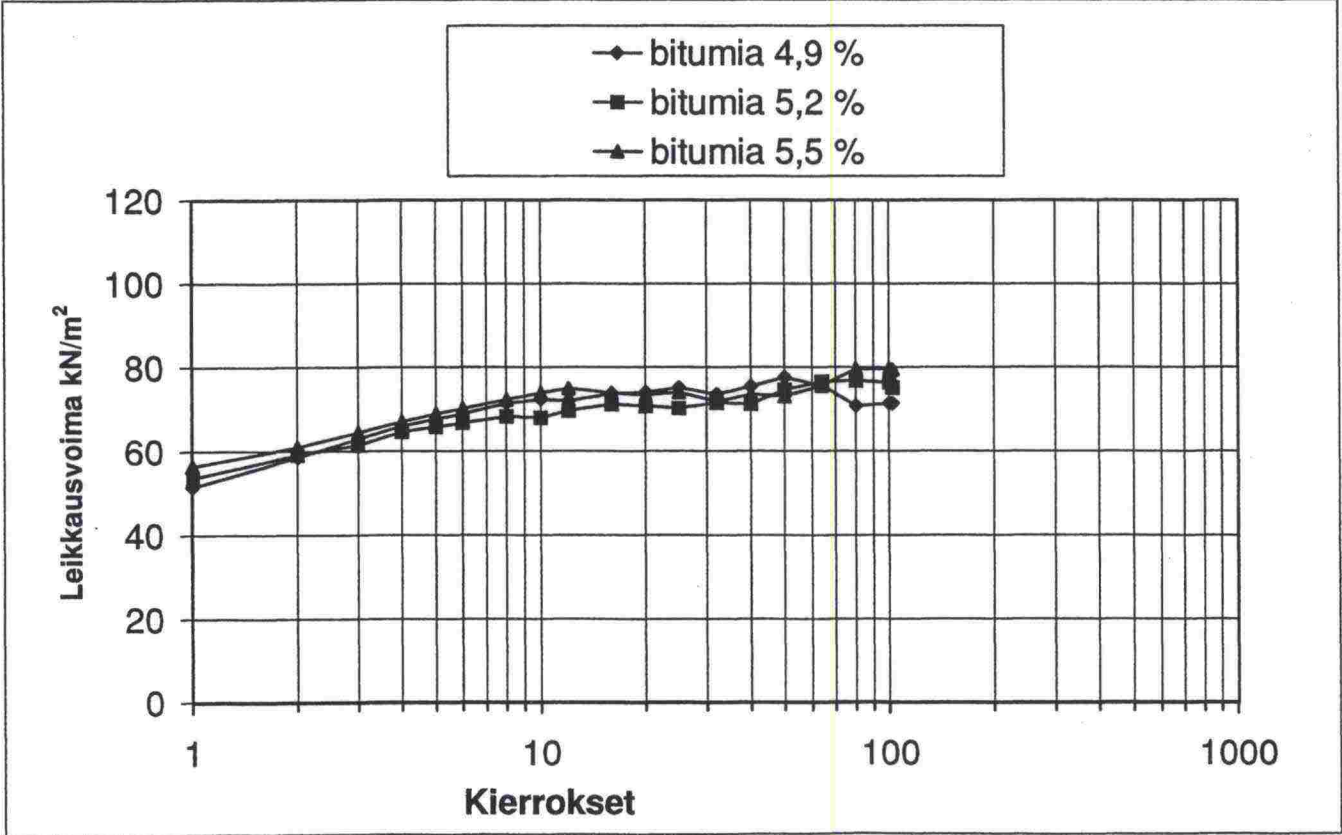
Talma AB 16 Normaali (1)

bitumia 4,9 %

bitumia 5,2 %

bitumia 5,5 %

Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo
1	51	1	54	1	56
2	58	2	59	2	61
3	63	3	61	3	64
4	66	4	65	4	67
5	68	5	66	5	69
6	69	6	67	6	70
8	71	8	68	8	72
10	72	10	68	10	74
12	72	12	70	12	75
16	74	16	71	16	74
20	74	20	71	20	73
25	75	25	70	25	74
32	73	32	71	32	72
40	75	40	71	40	73
50	78	50	75	50	73
64	75	64	76	64	76
80	71	80	77	80	79
100	71	100	76	100	80
102	71	102	75	102	79



Talma AB 16 Normaali - Hyvä (2)

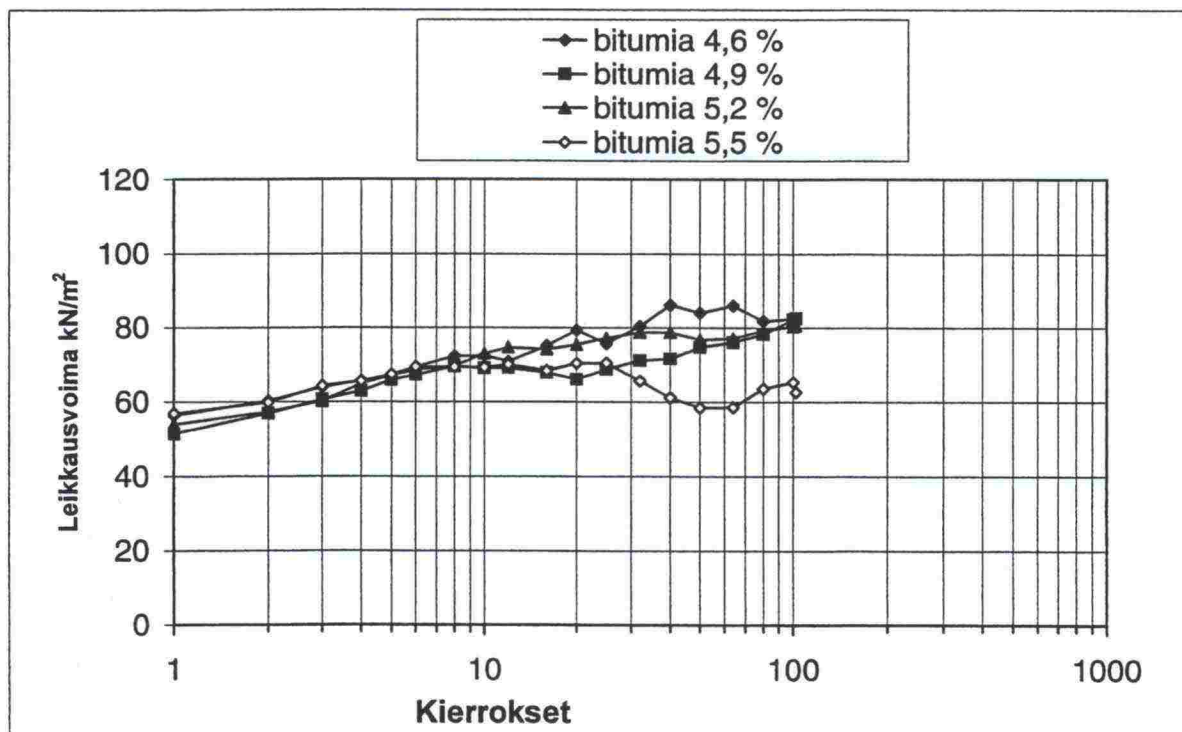
bitumia 4,6 %

bitumia 4,9 %

bitumia 5,2 %

bitumia 5,5 %

Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoima (1 näyte)
1	56	1	51	1	54	1	57
2	60	2	57	2	57	2	60
3	64	3	61	3	60	3	64
4	66	4	63	4	65	4	65
5	67	5	66	5	67	5	67
6	69	6	67	6	69	6	69
8	72	8	70	8	70	8	69
10	72	10	69	10	73	10	69
12	71	12	69	12	75	12	70
16	75	16	68	16	74	16	68
20	79	20	66	20	75	20	70
25	76	25	69	25	77	25	70
32	80	32	71	32	79	32	66
40	86	40	72	40	79	40	61
50	84	50	75	50	77	50	58
64	86	64	76	64	77	64	59
80	82	80	78	80	79	80	63
100	82	100	82	100	80	100	65
102	82	102	82	102	81	102	63



Talma AB 16 Huono - Normaali (3)

bitumia 4,9 %

bitumia 5,2 %

bitumia 5,5 %

Kierrokset Leikkausvoimien
 keskiarvo

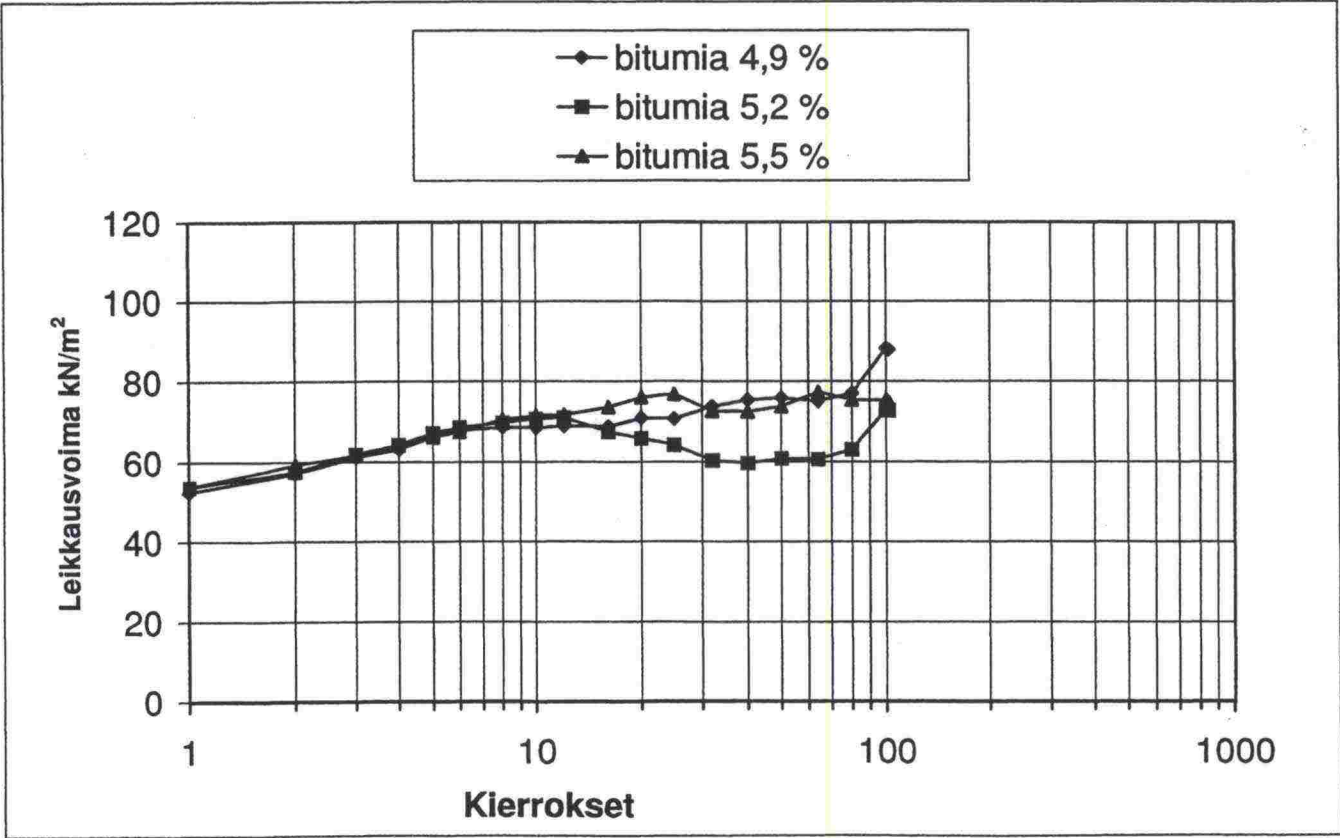
Kierrokset Leikkausvoimien
 keskiarvo

Kierrokset Leikkausvoimien
 keskiarvo

1	52
2	57
3	61
4	63
5	66
6	68
8	69
10	68
12	69
16	69
20	71
25	71
32	74
40	75
50	76
64	75
80	77
100	88
102	88

1	54
2	57
3	62
4	64
5	67
6	68
8	70
10	71
12	71
16	67
20	66
25	64
32	60
40	60
50	61
64	61
80	63
100	73
102	73

1	54
2	59
3	62
4	64
5	66
6	67
8	70
10	71
12	72
16	73
20	76
25	77
32	73
40	72
50	74
64	77
80	75
100	75
102	75



Talma AB 16 Hyvä - Normaali (4)

bitumia 4,9 %

bitumia 5,2 %

bitumia 5,5 %

Kierrokset Leikkausvoimien
 keskiarvo

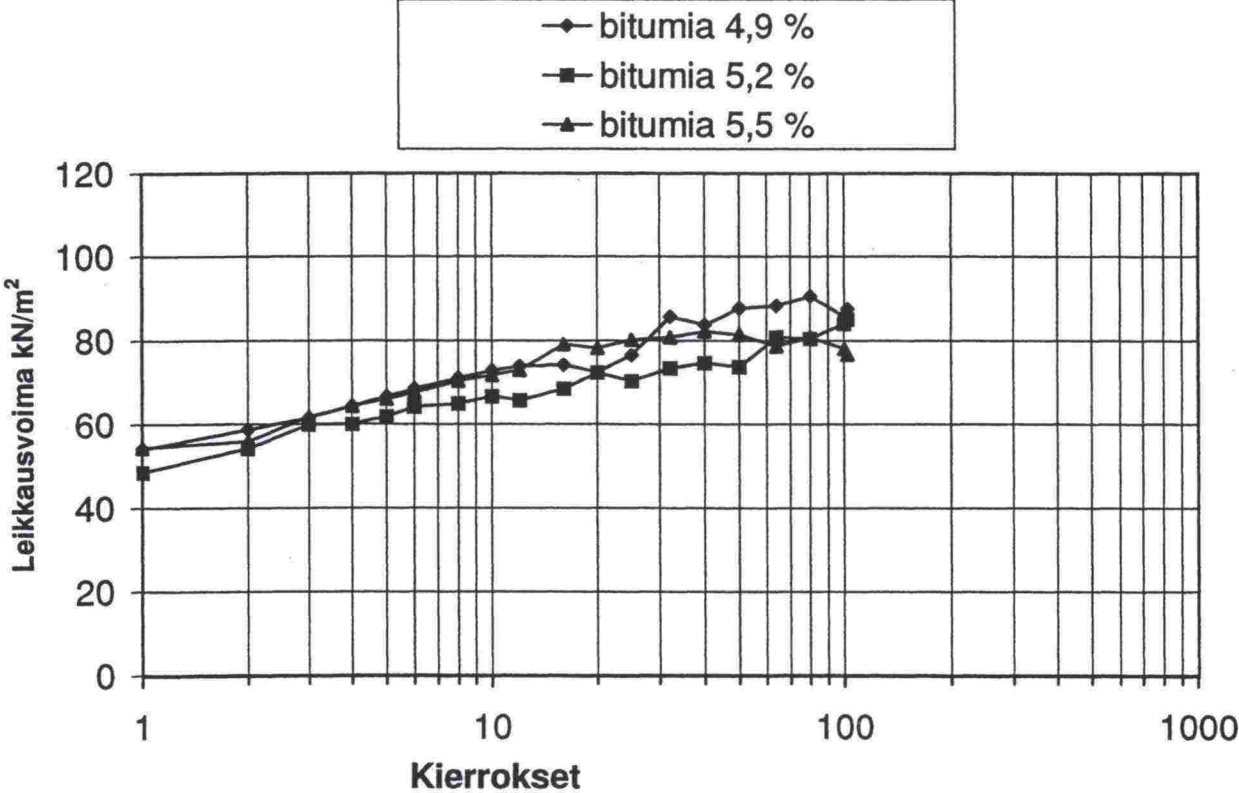
Kierrokset Leikkausvoimien
 keskiarvo

Kierrokset Leikkausvoimien
 keskiarvo

1	54
2	59
3	62
4	64
5	67
6	68
8	71
10	73
12	74
16	74
20	72
25	76
32	86
40	84
50	88
64	88
80	91
100	86
102	87

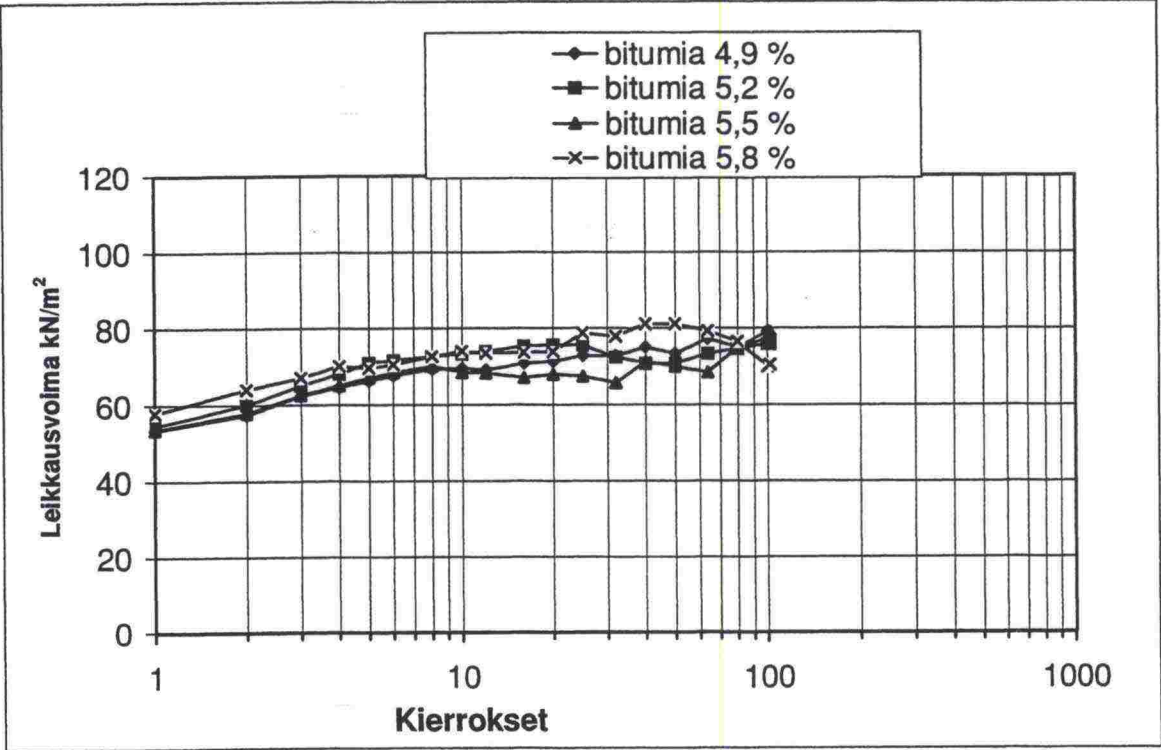
1	49
2	54
3	60
4	60
5	62
6	64
8	65
10	67
12	66
16	68
20	72
25	70
32	73
40	75
50	74
64	81
80	80
100	84
102	85

1	54
2	56
3	62
4	64
5	66
6	68
8	70
10	72
12	73
16	79
20	78
25	80
32	81
40	82
50	81
64	79
80	81
100	78
102	77



Talma AB 16 Hyvä (5)

bitumia 4,9 %		bitumia 5,2 %		bitumia 5,5 %		bitumia 5,8 %	
Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo	Kierrokset	Leikkausvoimien keskiarvo
1	53	1	54	1	53	1	58
2	57	2	60	2	58	2	64
3	62	3	65	3	62	3	67
4	65	4	68	4	65	4	70
5	66	5	71	5	67	5	70
6	67	6	71	6	68	6	70
8	69	8	73	8	70	8	73
10	69	10	73	10	68	10	74
12	69	12	74	12	68	12	73
16	71	16	75	16	67	16	74
20	71	20	76	20	68	20	74
25	73	25	76	25	67	25	79
32	73	32	72	32	66	32	78
40	75	40	71	40	71	40	81
50	73	50	71	50	70	50	81
64	77	64	73	64	68	64	79
80	75	80	75	80	75	80	76
100	79	100	76	100	77	100	70
102	78	102	76	102	79	102	70



Rappukallio AB 16 Normaali

bitumia 4,6 %

bitumia 4,9 %

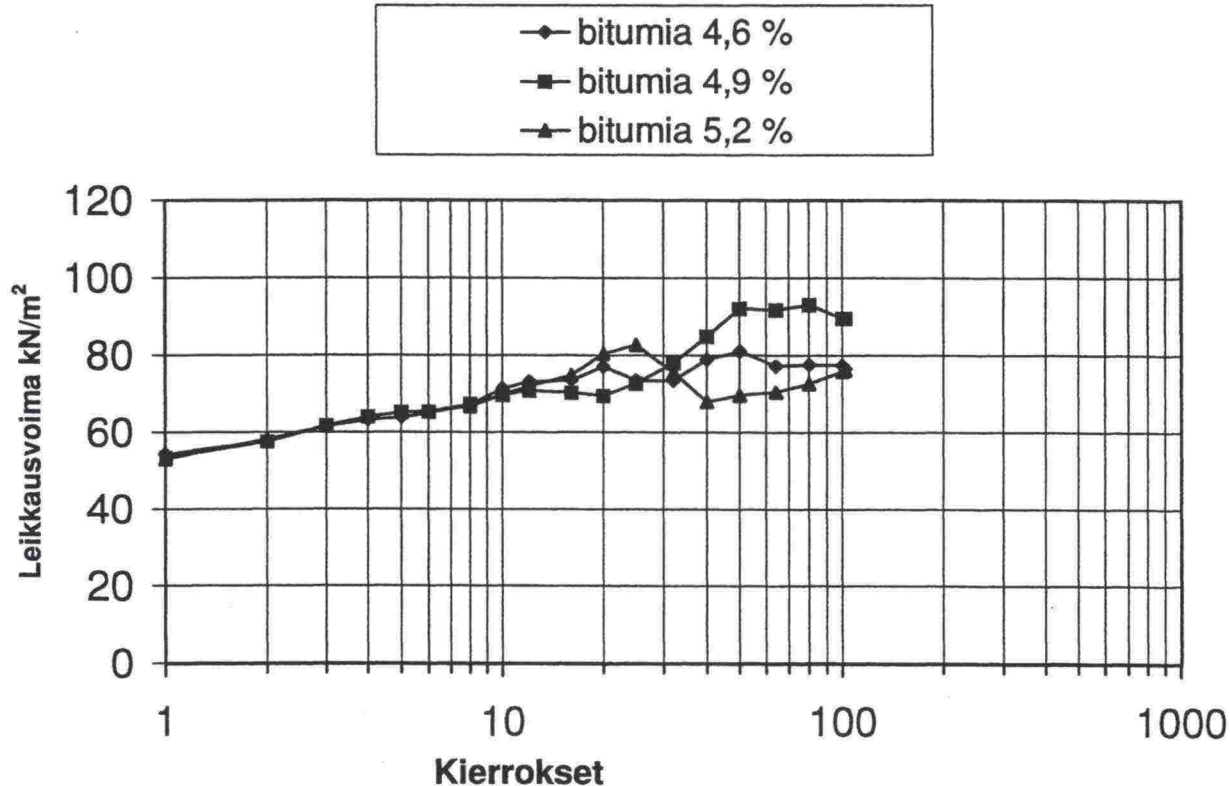
bitumia 5,2 %

Kierrokset Leikkausvoimien
keskiarvoKierrokset Leikkausvoimien
keskiarvoKierrokset Leikkausvoimien
keskiarvo

1	54
2	58
3	61
4	63
5	64
6	65
8	67
10	71
12	73
16	73
20	77
25	73
32	73
40	79
50	81
64	77
80	78
100	77
102	76

1	53
2	57
3	62
4	64
5	65
6	65
8	67
10	70
12	71
16	70
20	69
25	73
32	78
40	85
50	92
64	92
80	93
100	89
102	89

1	53
2	58
3	61
4	64
5	65
6	65
8	67
10	70
12	72
16	75
20	80
25	83
32	75
40	68
50	70
64	70
80	73
100	76
102	76



Rappukallio AB 16 Hyvä

bitumia 4,6 %

bitumia 4,9 %

bitumia 5,2 %

Kierrokset Leikkausvoimien
kesklarvo

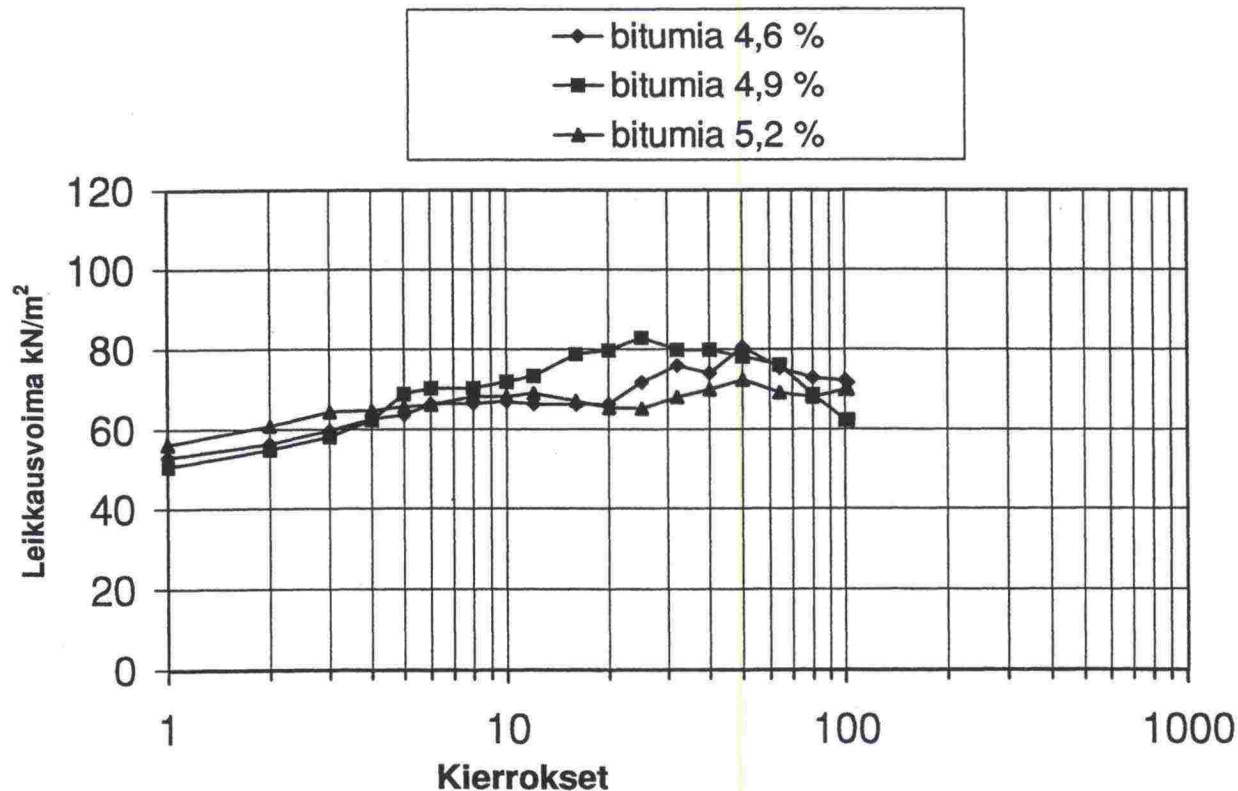
Kierrokset Leikkausvoimien
kesklarvo

Kierrokset Leikkausvoimien
kesklarvo

1	53
2	56
3	60
4	62
5	63
6	66
8	66
10	67
12	66
16	66
20	66
25	72
32	76
40	74
50	80
64	75
80	73
100	72
102	72

1	51
2	55
3	58
4	62
5	69
6	70
8	70
10	72
12	73
16	79
20	80
25	83
32	80
40	80
50	78
64	76
80	69
100	62
102	62

1	56
2	61
3	64
4	65
5	65
6	66
8	68
10	68
12	69
16	67
20	65
25	65
32	68
40	70
50	72
64	69
80	68
100	70
102	70



Rappukallio AB 16 Huono

bitumia 4,9 %

bitumia 5,2 %

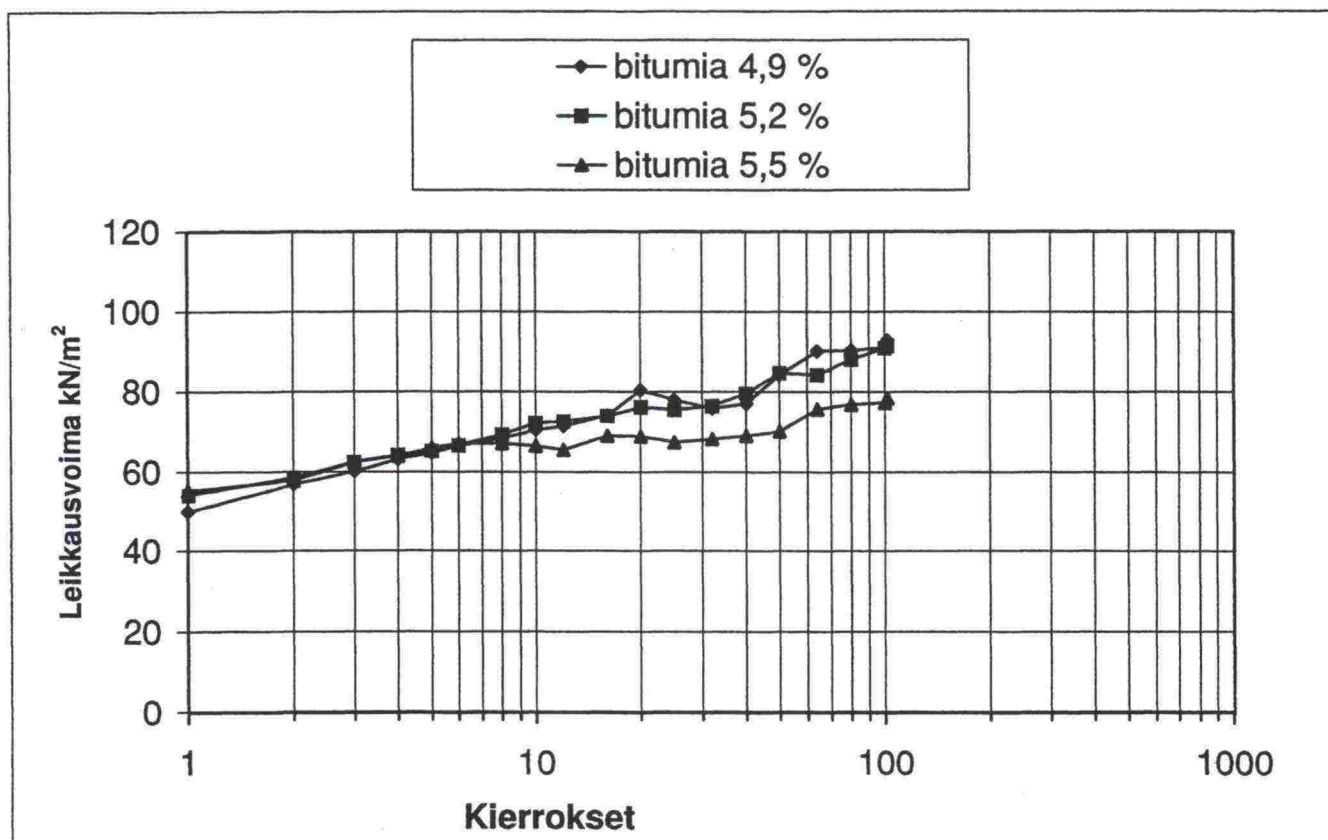
bitumia 5,5 %

Kierrokset Leikkausvoimien
keskiarvoKierrokset Leikkausvoimien
keskiarvoKierrokset Leikkausvoimien
keskiarvo

1	50
2	57
3	60
4	63
5	65
6	66
8	68
10	70
12	71
16	74
20	80
25	78
32	76
40	77
50	84
64	90
80	90
100	91
102	93

1	54
2	58
3	62
4	64
5	65
6	66
8	69
10	72
12	73
16	74
20	76
25	76
32	76
40	79
50	85
64	84
80	88
100	91
102	91

1	55
2	58
3	62
4	64
5	66
6	67
8	67
10	66
12	65
16	69
20	69
25	67
32	68
40	69
50	70
64	76
80	77
100	77
102	78



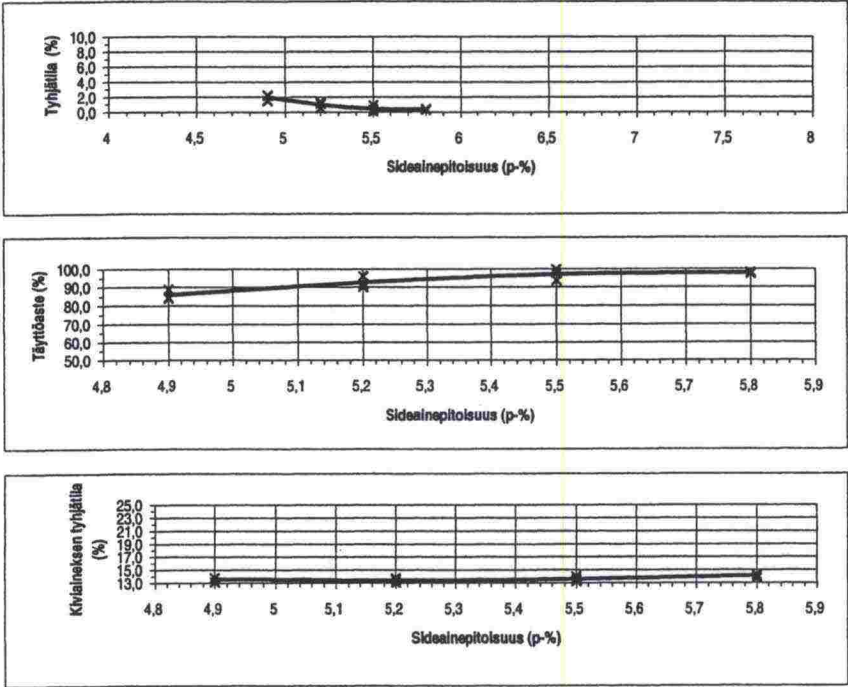
LIITE 4 (1/8)

Tilavuussuhteiden laskupohja	Massa:	AB 16
Tielaitos	Sideaine:	B-80
Välilajitteen muotoarvotutkimus	Kivi:	Talma / normaali (1)
Tiivistysmenettely	Lisäaineet:	Kalkkifilleri
		%

Pvm: 22.3.1999
Tekijä: los, korj. jv 27.10.99

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	TT (%)	Keskiv. KAT (%)	TA (%)
1	AB 16	4,9	5	2470	1936,5	1135,3	1936,5	2417	2,1	13,8	84,4			
2	AB 16	4,9	5	2470	1943,9	1145,2	1943,9	2434	1,5	13,2	88,9			
3	AB 16	4,9	5	2470	1936,9	1135,2	1936,9	2416	2,2	13,8	84,1	1,9	13,6	85,8
4	AB 16	5,2	5	2459	2034,8	1195,8	2034,8	2425	1,4	13,7	90,0			
5	AB 16	5,2	5	2459	2083,4	1231,8	2083,4	2446	0,5	13,0	96,1			
6	AB 16	5,2	5	2459	2064	1215,3	2064	2432	1,1	13,5	91,8	1,0	13,4	92,6
7	AB 16	5,5	5	2448	2005,4	1178,8	2005,4	2426	0,9	14,0	93,6			
8	AB 16	5,5	5	2448	2022,4	1193,5	2022,4	2440	0,3	13,5	97,5			
9	AB 16	5,5	5	2448	1999	1182,2	1999	2447	0,0	13,2	99,8	0,4	13,6	96,9
10	AB 16	5,8	5	2437	1993,4	1173,2	1993,4	2430	0,3	14,1	98,0			
11*	AB 16	5,8	5	2437	2056,9	1214,1	2056,9	2441	-0,1	13,7	101,0			
12	AB 16	5,8	5	2437	1983,2	1166,5	1983,2	2428	0,4	14,2	97,4	0,3	14,1	97,7

* = hylätty

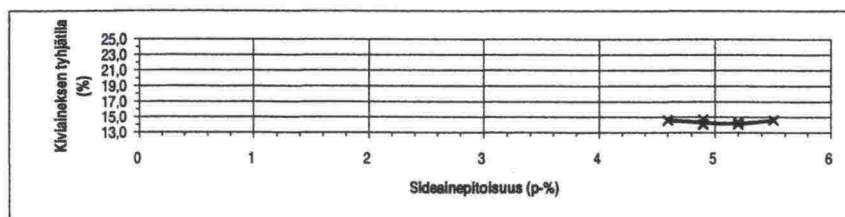
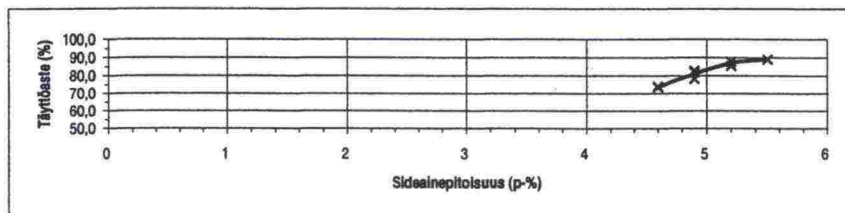
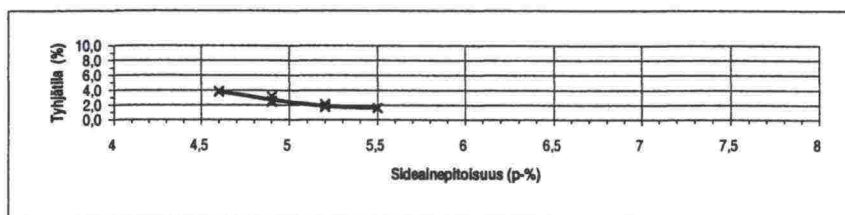


Tilavuussuhteiden
laskupohja
Tielaitos
Välilajitteen muotoarvotutkimus
Tiivistysmenettely

Massa:	AB 16	
Sideaine:	B-80	1020 kg/m ³
Kivi:	Talma / normaali - hyvä	2660 kg/m ³
Täytejauhe:	Kalkkifilleri	2770 kg/m ³
Lisäaineet:		%

Pvm: 19.4.1999
Tekijä: los, korj.-jv 27.10.99

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m ³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m ³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)
1	AB 16	4,6	5	2481	1933,8	1127,6	1938,3	2385	3,9	14,6	73,6			
2	AB 16	4,6	5	2481	1930,7	1125,7	1934,5	2387	3,8	14,6	74,0			
												3,8	14,6	73,8
3	AB 16	4,9	5	2470	1934,1	1131,8	1934,1	2411	2,4	14,0	82,8			
4	AB 16	4,9	5	2470	1935,3	1131,3	1935,3	2407	2,5	14,1	81,9			
5	AB 16	4,9	5	2470	1927,8	1121,6	1927,8	2391	3,2	14,7	78,3			
6	AB 16	5,2	5	2459	1924,5	1128,1	1924,5	2416	1,7	14,0	87,7			
7	AB 16	5,2	5	2459	1948,2	1142,1	1948,2	2417	1,7	14,0	87,8			
8	AB 16	5,2	5	2459	1935,8	1131,7	1935,8	2407	2,1	14,4	85,4			
9	AB 16	5,5	5	2448	1966	1149,7	1966	2408	1,6	14,6	88,9			
												1,6	14,6	88,9

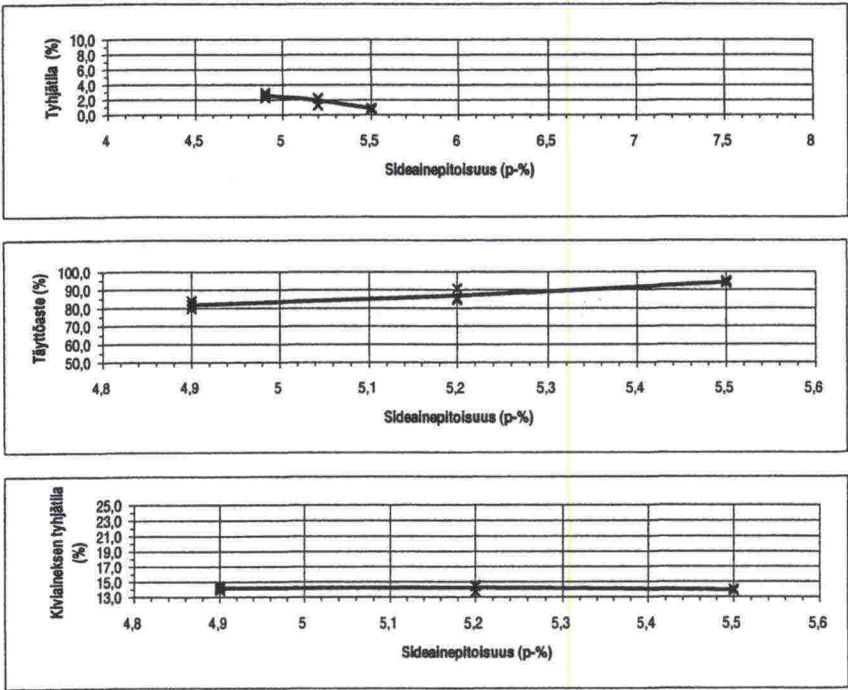


LIITE 4 (3/8)

Tilavuussuhteiden laskupohja	Massa: AB 16	
Tielaitos	Sideaine: B-80	1020 kg/m3
Välilajitteen muotoarvotutkimus	Kivi: Talma / huono - normaa	2660 kg/m3
Tiivistysmen ICT100uusi	Hytejauhe: Kalkkifilleri	2770 kg/m3
	Lisäaineet:	%

Pvm: 19.4.1999
Tekijä: los

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	TT (%)	Kaakiarvot	
													KAT (%)	TA (%)
10	AB 16	4,9	5	2470	1942,6	1135,3	1942,6	2406	2,6	14,1	81,7			
11	AB 16	4,9	5	2470	1940,2	1136,6	1940,2	2414	2,3	13,9	83,7			
12	AB 16	4,9	5	2470	1929,8	1125	1929,8	2398	2,9	14,4	79,8	2,6	14,1	81,7
13	AB 16	5,2	5	2459	1945,8	1137,2	1945,8	2406	2,1	14,4	85,1			
14	AB 16	5,2	5	2459	1922,3	1130,5	1922,3	2428	1,3	13,6	90,7			
15	AB 16	5,2	5	2459	1951	1139,3	1951	2404	2,3	14,5	84,5	1,9	14,2	86,8
16	AB 16	5,5	5	2448	1940,2	1140,7	1940,2	2427	0,9	14,0	93,8			
17	AB 16	5,5	5	2448	1941,9	1141,5	1941,9	2426	0,9	14,0	93,6			
18	AB 16	5,5	5	2448	1956,9	1151,8	1956,9	2431	0,7	13,8	94,8	0,8	13,9	94,1

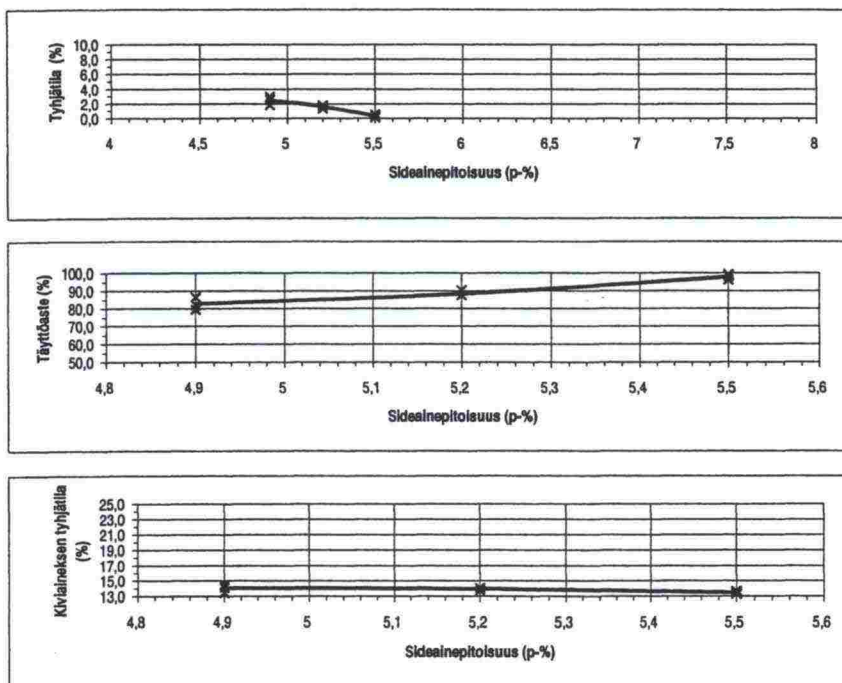


Tilavuussuhteiden
laskupohja
Tielaitos
Väliarvituksen muotoarvotutkimus
ICT100/40/40

Massa:	AB 16	
Sideaine:	B-80	1020 kg/m ³
Kivi:	Talma / hyvä-normaali	2660 kg/m ³
Hytejauhe:	Kalkkifilli	2770 kg/m ³
Lisäaineet:		%

Pvm: 15.4.199
Tekijä: los

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m ³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m ³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	Keskiarvot		
												TT (%)	KAT (%)	TA (%)
1	AB 16	4,9	5	2470	1934,1	1130	1936,9	2397	3,0	14,5	79,6			
2	AB 16	4,9	5	2470	1933,3	1137,3	1934,5	2425	1,8	13,5	86,5			
3	AB 16	4,9	5	2470	1936,8	1135,1	1939,8	2407	2,6	14,1	81,9	2,4	14,0	82,6
4	AB 16	5,2	5	2459	1922	1126,4	1922	2416	1,8	14,1	87,5			
5	AB 16	5,2	5	2459	1941,5	1141,4	1941,5	2427	1,3	13,7	90,4			
6	AB 16	5,2	5	2459	1942,1	1138,3	1942,1	2416	1,7	14,1	87,6	1,6	13,9	88,5
7	AB 16	5,5	5	2448	1937,8	1144,4	1937,8	2442	0,2	13,4	98,3			
8	AB 16	5,5	5	2448	1932,6	1138,9	1932,6	2435	0,5	13,7	96,1			
9	AB 16	5,5	5	2448	1951,1	1153,2	1951,1	2445	0,1	13,3	99,1	0,3	13,5	97,8



LIITE 4 (5/8)

Tilavuussuhteiden
laskupohja

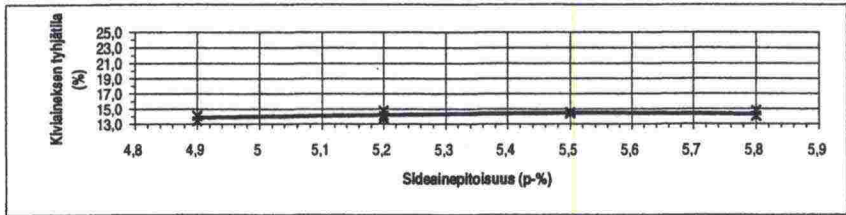
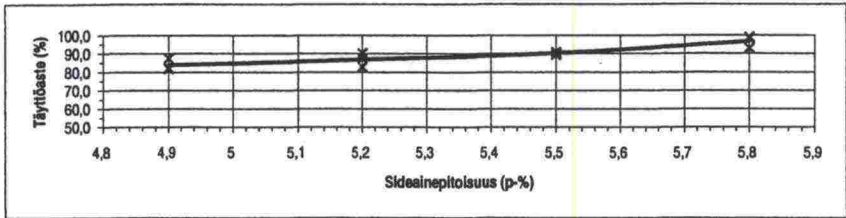
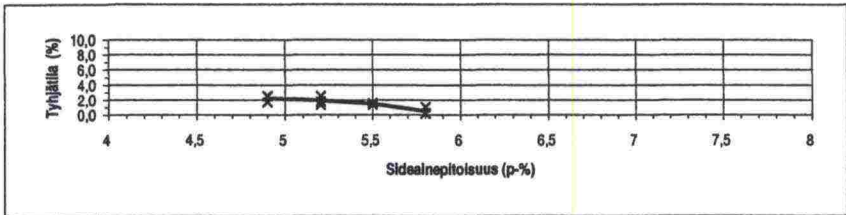
Tielaitos

Väliajittien muotoarvotutkimus
ICTu 100/160 kPa/102r/40r/min

Massa:	AB 16
Sideaine:	B-80
Kivi:	Talma / hyvä (5)
Äyteenauhe:	Kalkkifilleri
Lisäaineet:	%

Pvm: 15.4.1999 (10-12, 1-9 22.3.1999)
Tekijä: los

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	Keskiarvot		
												TT (%)	KAT (%)	TA (%)
10	AB 16	4,9	5	2470	1936,5	1135,3	1939,9	2407	2,6	14,1	81,9			
11	AB 16	4,9	5	2470	1943,9	1145,2	1945,8	2428	1,7	13,4	87,3			
12	AB 16	4,9	5	2470	1936,9	1135,3	1939,7	2408	2,5	14,1	82,1	2,3	13,9	83,8
1	AB 16	5,2	5	2459	1931,2	1131,5	1931,2	2415	1,8	14,1	87,3			
2	AB 16	5,2	5	2459	1940,1	1140,4	1940,1	2426	1,3	13,7	90,2			
3	AB 16	5,2	5	2459	1946,6	1134,3	1946,6	2396	2,5	14,8	82,7	1,9	14,2	86,7
4	AB 16	5,5	5	2448	1932	1131,6	1932	2414	1,4	14,4	90,3			
5	AB 16	5,5	5	2448	1935,2	1134	1935,2	2415	1,3	14,4	90,7			
6	AB 16	5,5	5	2448	1943,4	1137	1943,4	2410	1,6	14,6	89,3	1,4	14,4	90,1
7	AB 16	5,8	5	2437	1933,6	1131,8	1933,6	2412	1,1	14,8	92,9			
8	AB 16	5,8	5	2437	1947,7	1147,3	1947,7	2433	0,2	14,0	98,9			
9	AB 16	5,8	5	2437	1948,2	1147,1	1948,2	2432	0,2	14,0	98,4	0,5	14,3	96,7



Tilavuussuhteiden
laskupohja

Tielaitos

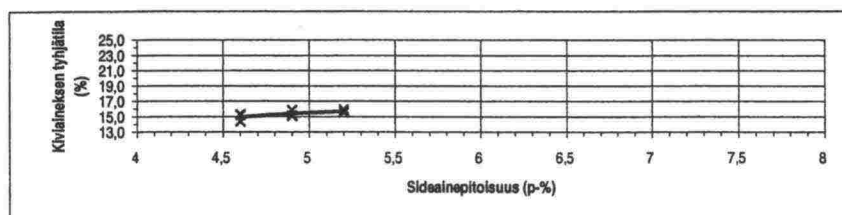
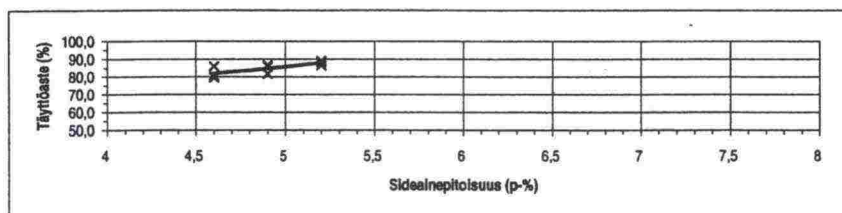
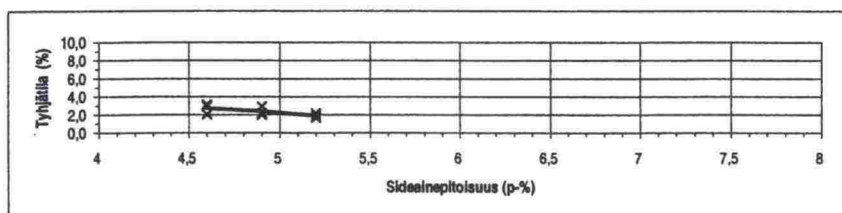
Välilajitteen muotoarvotutkimusäyzejauhe:
ICT100/160kPa/40mrad/40r/minLisäaineet:

Massa:	AB 16	
Sideaine:	B-80	1020 kg/m ³
Kivi:	Rappukallio / normaali	3060 kg/m ³
	Kalkkifilleri	2770 kg/m ³
		%

Pvm: 12.4.1999

Tekijä: Tuomo Kollanen

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m ³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m ³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	Keskiarvot		
												TT (%)	KAT (%)	TA (%)
1	AB 16	5,2	5	2759	2048,1	1293,2	2048,1	2713	1,7	15,5	89,2			
2	AB 16	5,2	5	2759	1949,2	1229,6	1949,2	2709	1,8	15,6	88,3			
3	AB 16	5,2	5	2759	2060,9	1297,6	2060,9	2700	2,2	15,9	86,5	1,9	15,7	88,0
10	AB 16	4,9	5	2774	2052,1	1290,2	2052,1	2693	2,9	15,9	81,6			
11	AB 16	4,9	5	2774	2039,8	1288,3	2039,8	2714	2,2	15,2	85,8			
12	AB 16	4,9	5	2774	2071,2	1309,4	2071,2	2719	2,0	15,1	86,7	2,4	15,4	84,7
13	AB 16	4,6	5	2789	2039,4	1286	2039,4	2707	3,0	15,2	80,5			
14	AB 16	4,6	5	2789	2050,3	1291,5	2050,3	2702	3,1	15,3	79,5			
15	AB 16	4,6	5	2789	2073,4	1314,8	2073,4	2733	2,0	14,3	85,9	2,7	14,9	82,0



LIITE 4 (7/8)

Tilavuussuhteiden

laskupohja

Tielaitos

Välilajitteen muotoarvotutkimus

Tiivistysmen ICT100/4bar/40r/40rhisäaineet:

Massa: AB 16

Sideaine: B-80

Kivi: Rappukallio / hyvä

Kalkkifilleri

1020 kg/m3

3060 kg/m3

2770 kg/m3

%

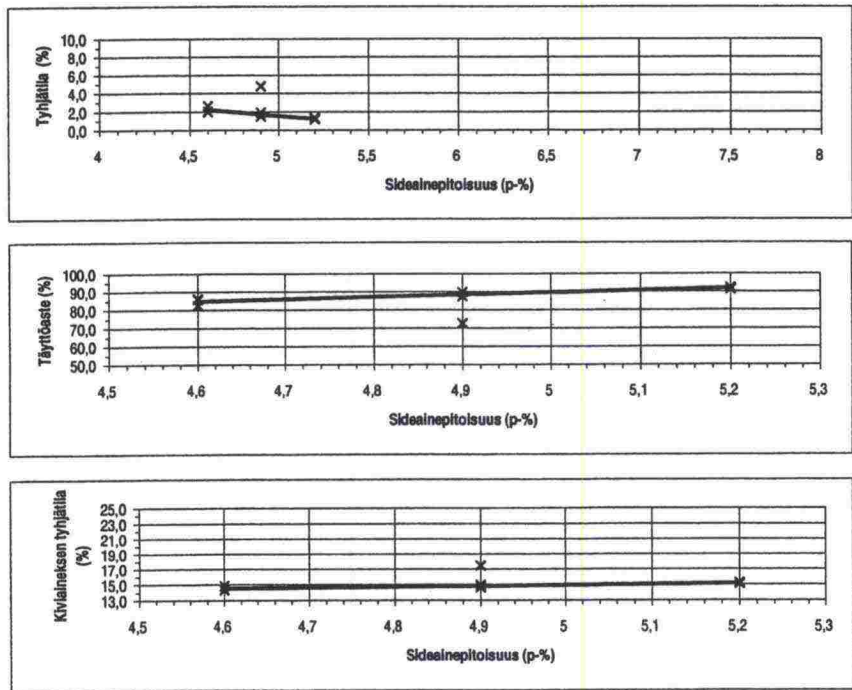
Pvm: 12.4.1999

Tekijä: Tuomo Kollanen

korj. jv 27.10.99

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)
1	AB 16	4,6	5	2789	2048,1	1299	2048,1	2734	2,0	14,3	86,1			
2	AB 16	4,6	5	2789	2078,2	1317,7	2078,2	2733	2,0	14,4	85,8			
3	AB 16	4,6	5	2789	2056,4	1299,5	2056,4	2717	2,6	14,9	82,5	2,2	14,5	84,8
4	AB 16	4,9	5	2774	2069,7	1309,2	2069,7	2721	1,9	15,0	87,3			
5	AB 16	4,9	5	2774	2048,4	1298,7	2048,4	2732	1,5	14,6	89,7			
6*	AB 16	4,9	5	2774	2048,4	1273,1	2048,4	2642	4,8	17,5	72,7	1,7	14,8	88,5
7	AB 16	5,2	5	2759	2053	1300	2053	2726	1,2	15,1	92,1			
8	AB 16	5,2	5	2759	2065,2	1307,8	2065,2	2727	1,2	15,1	92,2			
9	AB 16	5,2	5	2759	2066,3	1307,4	2066,3	2723	1,3	15,2	91,3	1,2	15,1	91,8

* = hylätty



Tilavuussuhteiden

laskupohja

Tielaitos

Välilajitteen muotoarvotutkimus

ICT 100/4bar/40r/40mrad

Massa:

Sideaine:

Kivi:

Yhteisäue:

Lisäaineet:

AB 16

B-80

Rappukallio / huono

Kalkkifilleri

%

1020 kg/m3

3060 kg/m3

2740 kg/m3

%

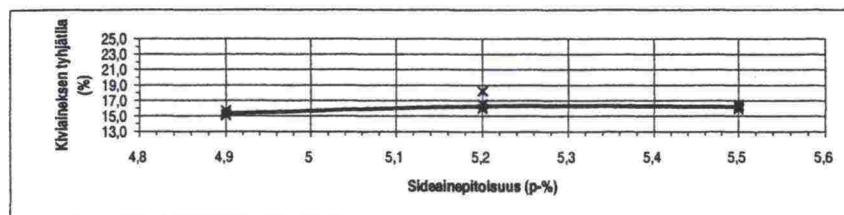
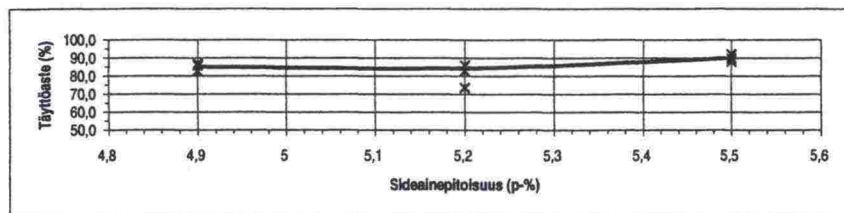
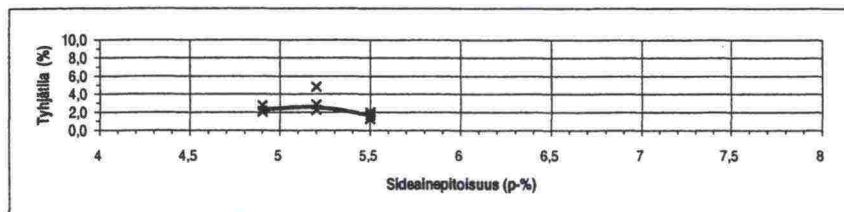
Pvm: 12.4.1999

Tekijä: Tuomo Kollanen

korj. jv 27.10.99

Nro	Massa	SAP (%)	TJ-pit. (%)	Teor. tih. (kg/m³)	Ilma (g)	Vesi (g)	P-kuiva (g)	Tiheys (kg/m³)	TT (%)	KAT (%)	TA (%)	Keskiarvot		
												TT (%)	KAT (%)	TA (%)
1	AB 16	4,9	5	2773	2053,5	1297,6	2053,5	2717	2,0	15,1	86,6			
2	AB 16	4,9	5	2773	2056,6	1294,2	2056,6	2698	2,7	15,7	82,7			
3	AB 16	4,9	5	2773	2064	1303,2	2064	2713	2,2	15,2	85,8	2,3	15,3	85,0
4*	AB 16	5,2	5	2758	2029,2	1258,2	2031,2	2625	4,8	18,2	73,5			
5	AB 16	5,2	5	2758	2053,1	1287,6	2053,7	2680	2,8	16,5	82,9			
6	AB 16	5,2	5	2758	2059,8	1296,2	2060,2	2696	2,2	16,0	86,0	2,5	16,2	84,4
7	AB 16	5,5	5	2743	2048	1291,8	2048	2708	1,3	15,9	92,0			
8	AB 16	5,5	5	2743	2058,4	1292,9	2058,4	2689	2,0	16,5	88,0			
9	AB 16	5,5	5	2743	2065,8	1299,9	2065,8	2697	1,7	16,2	89,7	1,6	16,2	89,9

* = hylätty



Ympäristö/vaikutukset

TIEL 3200555	Ohikulkutie ja taajama (TS 9/1999)
TIEL 3200558	Niittykasvillisuuden perustaminen tieluiskiin - Koetuloksia ja kirjallisuusselvitys (TS 12/1999)
TIEL 3200560	Saneerattujen taajamien viherympäristö, kivetty pinnat, kalusteet - Kuntotarkastelu (TS 15/1999)
TIEL 4000205	Tierummut vaellusesteinä - Ongelman kuvaus ja ratkaisumalleja (SJ 22/1999)
TIEL 4000206	Suomen tieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset - Vuoden 1996 selvityksen päivitys (SJ 23/1999)
TIEL 4000215	Tieliikenne-ennuste vuosille 1997-2030. Vuoden 1995 ennusteen päivitys (SJ 35/1999)
TIEL 4000216	Tieliikenteen ajokustannukset: Onnettomuuskustannukset Suomessa ja Ruotsissa (SJ 36/1999)
TIEL 4000217	Tieliikenteen ajokustannukset: Ajoneuvokustannukset (SJ 37/1999)
TIEL 4000216	Tieliikenteen ajokustannukset: Aikakustannukset (SJ 36/1999)

Tietekniikka

TIEL 3200531	Liikennemerkkien tukien taipumaluokat prEN 12899-1 mukaan. Yleistä projektista - Tyyppisarjojen tukien rakennesuunnittelun tarkistus - Uudet taipumaluokat (TS 39/1998)
TIEL 3200537	Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Siltojen pohjatutkimukset (TS 1/1999)
TIEL 3200539	Tiepenkereiden vetolujitteiden toiminta käyttötilassa (TS 47/1998)
Syvästabilointi Tielaitoksen kohteissa:	
TIEL 3200540	Osa 1: Toteutetut kohteet (TS 2/1999)
TIEL 3200541	Osa 2: Laadunvalvontatutkimukset ja laadunallisuuden vaikutus (TS 3/1999)
TIEL 3200553	Uusiopäällystetutkimukset (TS 7/1999)
TIEL 3200557	Loivaluiskaisten teiden kuivatus (TS 11/1999)
TIEL 3200571	Asfalttinormien kiviainesten hienoainesseoksen laatuvaatimukset (TS 26/1999)
TIEL 3200575	Kuulamyly- ja Micro-Deval -kokeiden tulosten vastaavuus (TS 30/1999)
TIEL 3200578	Halvat kevyen liikenteen väylät (TS 35/1999)
TIEL 3200579	Kiviaineksen pintakarkeuden vaikutus kuulamylyarvoon (TS 36/1999)
TIEL 3200580	Kiviaineksen välilajitteen raemuodon vaikutus päällysteen ominaisuuksiin (TS 37/1999)
TIEL 3200591	Kasvipeitteisen meluesteen kokeilu (TS 2/2000)
TIEL 4000199	Selvitys tien häikäisy-suojista (SJ 5/1999)
TIEL 4000200	Kelirikkoisen soratien kantavuuden parantamismenetelmiä. Bitumistabilointi ja raudoitettu murske. Loppuraportti. (SJ 6/1999)
TIEL 4000201	Teiden talvihoidon yhteiskunnalliset vaikutukset. Yhteenveto tehdyistä selvityksistä. (SJ 9/1999)
TIEL 4000202	Tutkimus- ja kehittämistoiminnan vuosiraportti 1998 (SJ 10/1999)
TIEL 4000209	Kevyen liikenteen kaatumistapaturmien selvittäminen sairauskertomusten perusteella - Jyväskylä (SJ 26/1999)
TIEL 4000210	Laatuvaatimusten asettaminen, kun urakka sisältää suunnittelun ja rakentamisen (SJ 27/1999)
TIEL 4000222	Tunnin pilotti. Hoidon toteutuminen, II väliraportti syyskuu 1999 (SJ 41/1999)
TIEL 4000228	Masuunikuonatuotteiden E-moduulit (SJ 49/1999)
TIEL 4000229	Analyttisessä mitoituksessa käytettävät asfalttipäällysteen jäykkyydet ja väsymismallit (SJ 50/1999)
TIEL 4000232	Tunnin pilotti - Vaikutus liikenneturvallisuuteen (SJ 54/1999)

OHJEET JALAAATUVAATIMUKSET

TIEL 2110014	Läjitysalueen suunnittelu - Läjitysalueohje
TIEL 2140015	Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset
TIEL 2140016	Puun käyttö meluesteissä
TIEL 2150008	Luonnon monimuotoisuus ja tienpito - Tieluonnon hoito-ohjelma
TIEL 2150009	Tiehankkeiden ja tienpidon toimien ympäristövaikutusten selvittäminen
TIEL 2210013	TYLT: Tiekaiteet
TIEL 2212456-2000	TYLT: Perustamis- ja vahvistamistyöt
TIEL 2212802-2000	TYLT: Päälystystyöt
TIEL 2212809-98	TYLT: Murskaustyöt
TIEL 2230054	Kevyen liikenteen väylien hoito; menetelmätieto
TIEL 2240002-98	Yleiset arvonmuutosperusteet: Murskaustyöt
TIEL 2243560-2000	Yleiset arvonmuutosperusteet: Päälystystyöt

SELVITYKSIÄ (=TS) JA SISÄISIÄ JULKAISUJA (=SJ):

Liikennetekniikka

TIEL 3200561	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Ohitusnäkemät (TS 16/1999)
TIEL 3200570E	S 12 Improvement solutions for main roads: New road types - Summary on test roads in Finland (TS 25/1999)
TIEL 4000191	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uudet tiettyypit - Koeteiden turvallisuus (SJ 20/1999)
TIEL 4000193	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uudet tiettyypit - Selvitys ulkomaisista kokemuksista (SJ 21/1999)
TIEL 4000212	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Parannettavien pääteiden suuntaus (SJ 30/1999)
TIEL 4000213	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uusien tiettyypivaihtoehtojen vertailu - Vt 6 välillä Koskenkylä - Kouvola Osa A: Raportti, Osa B: Liitekartat (SJ 31/1999)
TIEL 4000214	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Kevyen liikenteen ja yksityistieliittymien yhteiset ratkaisut (SJ 33/1999)
TIEL 4000221	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Tutkimussuunnitelma (SJ 42/1999)
TIEL 4000227	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Kapeiden pientareiden vaikutus kaksiajorataisten teiden turvallisuuteen (SJ 47/1999)